



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE



ANDRÉA DOS SANTOS SILVA

**QUALIDADE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO NA ZONA
RURAL DE SANTA RITA – PB E PROPOSTAS DE
MELHORIA**

João Pessoa - PB
Fevereiro, 2019

ANDRÉA DOS SANTOS SILVA

**QUALIDADE DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO NA ZONA
RURAL DE SANTA RITA – PB E PROPOSTAS DE
MELHORIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos obrigatórios para obtenção do grau de Mestre. Área de Concentração: Gerenciamento Ambiental. Linha de pesquisa: Gestão de Ecossistemas Aquáticos e Recursos Hídricos.

Orientadora: Dr^a Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

João Pessoa - PB
Fevereiro, 2019

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586q Silva, Andrea dos Santos.

Qualidade de água de abastecimento na zona rural de
Santa Rita - PB e propostas de melhoria / Andrea Dos
Santos Silva. - João Pessoa, 2019.
102 f.

Orientação: Maria Cristina Basílio Crispim da Silva.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.


1. Potabilidade da água. 2. Áreas rurais. 3. Risco de
contaminação. I. Maria Cristina Basílio Crispim da
Silva. II. Título.

UFPB/BC

ANDRÉA DOS SANTOS SILVA

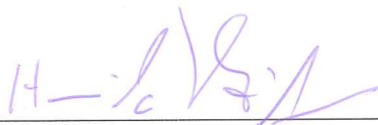
**QUALIDADE DE AGUA DE ABASTECIMENTO NA ZONA RURAL DE SANTA
RITA – PB E PROPOSTAS DE MELHORIA**

Trabalho de dissertação defendido e aprovado em 28 / 02 / 2019, pela banca
examinadora:



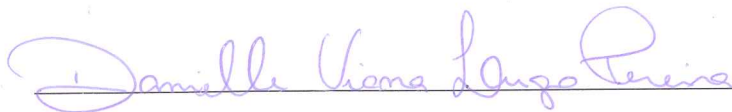
Dr^a. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

ORIENTADORA



Dr. Hamilcar José Almeida Filgueira

EXAMINADOR INTERNO



Dr^a. Danielle Viana Lugo Pereira

EXAMINADOR EXTERNO

**João Pessoa - PB
Fevereiro, 2019**

DEDICATÓRIA

Dedico o desenvolvimento desse trabalho de
pesquisa a Deus e a todos os meus familiares e
amigos, companheiros nessa jornada de
conhecimento.

Pela manhã semeia tua semente, e à tarde não retires a tua mão, porque tu não sabes qual prosperará, se esta, se aquela, ou se ambas serão igualmente boas.

Eclesiastes 11.6

A diferença entre o que fazemos e o que somos capazes de fazer seria suficiente para resolver a maioria dos problemas do mundo.

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

A Deus meu Guia e Mestre Supremo, pela capacidade a mim atribuída, de ir em frente e acreditar no impossível.

Aos meus pais Hilda Santos e Alfredo Silva (in memoriam), meus exemplos e motivação, pela paciência e apoio nas horas difíceis.

Aos meus irmãos Analécia Sales e Adriel Silva pelo companheirismo de todas as horas.

Aos meus familiares pelo legado e valores que me orientaram no caminho do saber.

À prima Dayane Farias pelo exemplo de coragem que me motivou a avançar em mais uma etapa.

À amiga Alexsandra Barbosa pelo apoio e impulso que me levaram a vôos mais altos.

Aos colegas de trabalho da E.M.E.I.F. São Marcus na pessoa da gestora Luciana Almeida pelo incentivo e compreensão em meio aos desafios da vida acadêmica.

Aos queridos companheiros da Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento de Santa Rita, na pessoa do secretário Sildo Moraes, pelo acolhimento e irmandade.

Ao Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – Campus Santa Rita e a Prefeitura Municipal de Santa Rita pela parceria que permitiu a realização desta pesquisa.

À minha orientadora Prof^a Cristina Crispim pela confiança no desenvolvimento deste trabalho.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a concretização deste sonho.

RESUMO

As áreas rurais utilizam fontes alternativas de água, para atender a demanda doméstica e propiciar ao desenvolvimento econômico. As atividades agrícolas e a inexistência de saneamento rural, implicam em um risco de contaminação por efluentes das atividades desenvolvidas em torno dos mananciais presentes neste espaço. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade de água dos mananciais subterrâneos de abastecimento de água da zona rural de Santa Rita (PB) e propor formas de melhoria. A metodologia consistiu na coleta e análise de água e comparação com a legislação, análise do sistema de abastecimento de água, investigação dos usos do solo no perímetro de proteção dos poços e levantamento da percepção da comunidade. Os resultados demonstraram a presença de Coliformes em 80% dos pontos de coleta, o que caracteriza desconformidade com o padrão microbiológico exigido pela legislação. Quanto aos parâmetros físicos e químicos, foram verificadas desconformidades pontuais. Constatou-se ainda, que o entorno de vários poços de abastecimento estudados estão rodeados por atividades sanitariamente incompatíveis. Do ponto de vista estrutural o sistema de abastecimento não atende a demanda de consumo atual e apresenta sinais de deterioração. Assim sendo, as condições apresentadas são vetores potenciais de risco de contaminação da água utilizada. Segundo a pesquisa de percepção realizada, grande parte dos domicílios rurais não possui acesso a um abastecimento de água em quantidade adequadas. Apesar disso, 50% dos entrevistados acreditam que a água utilizada não corra risco de contaminação. Desse modo 75% não utiliza nenhuma forma de tratamento domiciliar da água consumida. Portanto, é necessário reestruturar todo o sistema de abastecimento de água, implantar rotinas de operação preventiva e adotar a etapa de desinfecção. Para melhoria sanitária dos domicílios existentes, próximos aos pontos de captação, propõe-se a adoção de tecnologias sociais de saneamento básico como o tanque de evapotranspiração- para as águas negras - e círculos de bananeiras – para as águas cinza. Tudo isso, aliado a campanhas de educação ambiental da população quanto aos riscos de contaminação da água utilizada, para que sejam incentivados a realizar algum tipo de tratamento de água domiciliar. Assim, espera-se que esta pesquisa sirva de subsídio para garantir que a oferta de água dê-se em bases mais sustentáveis para as presentes e futuras gerações.

Palavras-Chave: Potabilidade de água, áreas rurais, risco de contaminação.

ABSTRACT

Rural areas use alternative sources of water to meet domestic demand and provide economic development. The agricultural activities and the lack of rural sanitation imply a risk of contamination by effluents from the activities developed around the springs present in this space. The objective of this work was to evaluate the water quality of the underground water supply sources of the rural area of Santa Rita (PB) and propose ways of improvement. The methodology consisted of the collection and analysis of water and comparison with legislation, analysis of the water supply system, investigation of the land uses in the perimeter of protection of the wells and survey of the perception of the community. The results demonstrated the presence of Coliforms in 80% of the collection points, which characterizes the non-compliance with the microbiological standard required by the legislation. Regarding the physical and chemical parameters, point unconformities were verified. It was also observed that the surroundings of several wells studied are surrounded by sanitary incompatible activities. From the structural point of view, the supply system does not meet the current consumption demand and shows signs of deterioration. Thus, the presented conditions are potential vectors of risk of contamination of the water used. According to the realized perception survey, most of the rural households do not have access to adequate water supply. Despite this, 50% of respondents believe that the water used is not at risk of contamination. Thus, 75% do not use any form of home treatment of the water consumed. Therefore, it is necessary to restructure the entire water supply system, implement preventive operation routines and adopt the disinfection step. For the sanitary improvement of the existing homes, near the catchment points, it is proposed to adopt social technologies of basic sanitation such as the evapotranspiration tank - for the black waters - and banana tree circles - for the gray waters. All this, coupled with environmental education campaigns of the population regarding the risks of contamination of the water used, so that they are encouraged to carry out some type of home water treatment. Thus, this research is expected to serve as a subsidy to ensure that supply more sustainable basis for present and future generations.

Key words: Water Potability, rural areas, risk of contamination

LISTA DE SIGLAS

ASD- Áreas Susceptíveis à Desertificação

CAGEPA - Companhia de Água esgotos da Paraíba

CETESB- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica,

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFPB - Instituto Federal da Paraíba

MS - Ministério da Saúde

NMP - Número mais Provável

ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio

OMS- Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PSA - Plano de Segurança das Águas

PLANSAB - Plano Nacional do Saneamento Básico

PMSR - Prefeitura Municipal de Santa Rita

SEAPPA - Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento

UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de um sistema de abastecimento de água	28
Figura 2. Distribuição de água doce na terra	31
Figura 3. Número de meses/ano nos quais o volume de águas superficiais e subterrâneas é extraído e não se renova (1996-2005)	32
Figura 4. Ciclo hidrológico.....	33
Figura 5. Distribuição vertical da água no solo e subsolo	35
Figura 6. Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas	39
Figura 7. Localização do Município de Santa Rita (PB)	44
Figura 8. IDHM do Município de Santa Rita e seus componentes (2000 - 2010)	46
Figura 9. Esquema metodológico da pesquisa (2017)	48
Figura 10. Comunidades rurais onde se desenvolveu a pesquisa	49
Figura 11. Presença de Coliformes (Totais e Termotolerantes) em poços tubulares na região rural de Santa Rita	54
Figura 12. Valor de pH nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita	56
Figura 13. Valores de cloretos nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita.....	57
Figura 14. Valores de cor e turbidez nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita	57
Figura 15. Valores de condutividade elétrica e alcalinidade total em poços tubulares na região rural de Santa Rita	58
Figura 16. Dureza da água nos pontos de coleta em poços tubulares na região rural de Santa Rita	59
Figura 17 A- F. Reservatórios e poços para atendimento comunitário na zona rural de Santa Rita: A) Pitombeira II , B) Odilândia I , C) Bebelândia I , e D) Pitombeira III	63
Figura 18. Fluxograma do sistema de abastecimento de água atual na área rural do município de Santa Rita/PB e do sistema de abastecimento recomendado	64
Figura 19. (a) Escoamento de esgotos – Bebelândia II e b) acúmulo de lixo - Tororó	67
Figura 20. a) Poço aberto – Odilândia I e b) reservatório sem tampa de proteção – Pitombeira II	67
Figura 21. a) Presença de cemitério – Livramento III e b) presença de estábulos - Tororó.....	68

Figura 22. Proveniência da água de consumo humano utilizado nas residências na área rural de Santa Rita (PB)	71
Figura 23. Condições sanitárias dos domicílios rurais de Santa Rita quanto a: a) destino do lixo residencial e b) existência de fossa na residência.....	72
Figura 24. Acesso à água nas comunidades rurais de Santa Rita: a) interrupções de água na comunidade e b) armazenamento de água na residência	74
Figura 25. Percepção da qualidade de água utilizada nas comunidades rurais: a) risco de contaminação e b) presença de cor, sabor e odor na água consumida.....	75
Figura 26. Tipo de tratamento domiciliar de água utilizado.....	76
Figura 27. Grau de satisfação com o abastecimento de água na comunidade.....	77
Figura 28. A - Esquema de um tanque de evapotranspiração; B – Fossa tanque de evapotranspiração construída em João Pessoa	80
Figura 29. Diminuição de concentração de nutrientes em poço profundo (30 m) e raso (12 m) antes (maio/2017) e após (jun/2018) a construção de um tanque de evapotranspiração.....	81

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cobertura de abastecimento de água - 2015	26
Tabela 2. Área e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da terra.....	34
Tabela 3. Classificação de poços para captação de águas subterrâneas	37
Tabela 4. Características e implicações sanitárias dos parâmetros físicos e químicos da água.....	42
Tabela 5. Informações básicas do Município de Santa Rita/PB.....	44
Tabela 6. População dos três maiores municípios do estado da Paraíba – (2000 -2010).....	46
Tabela 7. Classes de rendimento nominal mensal	47
Tabela 8. Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas coletadas na pesquisa	53
Tabela 9. Ocorrências de atividades nos perímetros de proteção considerando um raio de 15 metros dos poços de abastecimento de água	66
Tabela 10. Características sociais e econômicas da população rural de Santa Rita segundo percentual do número de entrevistados	69
Tabela 11. Relação entre principais ocorrências de atividades e presença bacteriológica nos poços de abastecimento	78

LISTA DE APÊNDICE

Apêndice A. Informações dos pontos de coleta de água	95
Apêndice B. Problemas detectados no Sistema de Abastecimento da zona rural de Santa Rita (PB).....	97

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Introdução	16
1.2	Objetivos.....	21
1.2.1	Objetivo geral	21
1.2.2	Objetivos específicos	21
1.3	Estrutura geral da dissertação	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	22
2.1	A escala das mudanças globais: o Antropoceno	22
2.2	Desenvolvimento sustentável áreas rurais	23
2.3	Aspectos do acesso à água em áreas rurais	25
2.4	Sistemas de abastecimento de água alternativos e seu uso em áreas rurais.....	28
2.5	Água subterrânea e a escassez hídrica	29
2.6	Origem da água subterrânea: ciclo hidrológico	32
2.7	Ocorrência das águas subterrâneas	35
2.8	Características dos sistemas aquíferos	36
2.9	Acesso à água subterrânea: os poços	37
2.10	Poluição de águas subterrâneas e controle do uso do solo.....	39
2.11	Padrão de potabilidade e qualidade de água para consumo.....	41
2.11.1	Qualidade física e química	41
2.11.2	Qualidade microbiológica.....	43
3	METODOLOGIA	44
3.1	Caracterização da área de estudo	44
3.1.1	Aspectos naturais.....	45

3.1.2	Aspectos sociais e econômicos.....	45
3.2	Tipo e características da pesquisa	47
3.2.1	Abordagem metodológica.....	49
3.3	Procedimentos metodológicos	50
3.3.1	Procedimento de coleta de dados	50
3.3.2	Seleção dos sujeitos e tamanho da amostra	50
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Qualidade de água nos pontos de abastecimento de água.....	53
4.1.2	Indicadores de qualidade física e química.....	55
4.1.3	Segurança sanitária e controle de qualidade da água nos sistemas de abastecimento de água.....	60
4.2	Estrutura física do abastecimento de água da zona rural de Santa Rita (PB)	61
4.3	Proteção sanitária dos poços de abastecimento e entorno da área de captação	64
4.4	Caracterização social, econômica e ambiental da população, dos domicílios rurais e a percepção dos moradores.....	68
4.4.1	Caracterização socioeconômica dos usuários entrevistados.....	69
4.4.2	Condições sanitárias dos domicílios.....	71
4.4.3	O acesso à água.....	73
4.4.4	Percepção dos moradores em relação à qualidade da água utilizada	75
4.5	Propostas de melhoria para o fornecimento de água de melhor qualidade.....	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
	REFERÊNCIAS	85
	APÊNDICE	94
	ANEXOS	99

1 INTRODUÇÃO

1.1 Introdução

A água é vital para o planeta, uma vez que é essencial para todas as formas de vida, estando presente em atividades biológicas que vão desde o controle dos processos metabólicos, até ao funcionamento dos ecossistemas, além de proporcionar o desenvolvimento social e econômico. De acordo com Dowbor (2005), quando a água é contaminada ou torna-se indisponível ocorre uma redução dos espaços propícios à vida, gerando custos e uma perda geral de produtividade humana e social. A água torna-se desse modo peça importante nas questões socioambientais.

Discussões a respeito da oferta de água doce no mundo têm comumente demonstrado o cenário de escassez desse recurso diante do crescimento populacional, avanço da poluição e demandas cada vez maiores por parte de setores como irrigação, indústrias e consumo doméstico. Globalmente é demonstrado preocupação com a probabilidade da escassez, da água, sendo esta relacionada de forma específica, como componente fundamental no apoio a cada um dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), confirmando o seu aspecto essencial no acesso à saúde, no desenvolvimento e no bem-estar da humanidade.

Somado a isso, em um cenário de mudanças climáticas a maior ocorrência dos eventos hidrológicos extremos como secas – que agravam a escassez da água – e inundações – que aumentam a carga poluidora nos corpos hídricos e mananciais de abastecimento – impactam diretamente a sua disponibilidade, de forma que comprometem a qualidade adequada aos usos humanos prioritários.

Nesse contexto, a água subterrânea apresenta-se como solução viável no que se refere à disponibilidade hídrica, por constituir-se numa grande reserva de água doce existente na terra, o que faz dela um recurso valioso para suprir as necessidades humanas e econômicas. Seu uso para prover as demandas de abastecimento de comunidades tem sido apontado como importante alternativa. Além de possuir diversas vantagens, quando considerada que sua qualidade sanitária é mais confiável, tendo em vista o processo natural de filtração e a purificação propiciada pela infiltração no solo, o qual funciona como verdadeiro filtro e reator biogeoquímico de depuração (REBOUÇAS, 2008). No entanto, o diversificado uso do solo já vem comprometendo a qualidade das águas subterrâneas.

As áreas rurais, pela maior dificuldade das Prefeituras ou Companhias Estaduais de Saneamento fazerem a distribuição da água de consumo humano, caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como os poços subterrâneos, para a solução de abastecimento de água que atenda a população e atividades socioeconômicas.

Por outro lado, por desenvolverem predominantemente atividades agropastoris e agrícolas, grande geradoras de matéria orgânica, as fontes de abastecimento inseridas nessas áreas estão sujeitos a riscos de contaminação por efluentes resultantes destas atividades. Demanda assim, que estratégias de proteção da água subterrânea sejam adotadas. Nesse sentido Barbosa (2008) afirmou que estas estratégias podem apresentar, tanto o aspecto relacionado com a proteção geral do aquífero, por meio do levantamento e identificação de áreas mais vulneráveis e propensas à contaminação, atuando no controle regional do uso do solo na extensão do aquífero, quanto na proteção pontual, considerando como ponto de controle a área direta de captação de água.

Se comparado às águas superficiais os mananciais subterrâneos encontram-se melhor protegidos do perigo de contaminação (ECKHARDT et al., 2008). Porém, esses também estão sujeitos ao risco, especialmente em áreas de surgência e recarga do aquífero. O grau de proteção natural que detêm, determina a sua medida de vulnerabilidade à contaminação a que estas fontes estão submetidas.

Segundo Brasil (2009), a existência de fossas, esgotos domésticos e industriais não tratados, o acúmulo de lixo de forma inadequada, os agrotóxicos utilizados nas culturas agrícolas, os poços rasos, mal construídos ou abandonados constituem-se nas principais fontes de poluição das águas subterrâneas.

Diante disso, o saneamento básico é um processo necessário para a garantia de uma qualidade de água para uso, no mínimo potável, sendo sua promoção responsabilidade do município (PINHEIRO, 2008). No Brasil, segundo dados do IBGE (2010), 72,2% da população de áreas rurais tem acesso à água exclusivamente através de poços subterrâneos, cisternas, açudes e fontes naturais. Esse acesso é naturalmente na maioria das vezes precário e com grande potencial para provocar doenças. Da mesma forma, a maior parte dos domicílios apresenta fossas nas casas sendo, no entanto, a maioria dessas, construídas em residências e segundo relatos de moradores não enche (por serem vazadas), o que representa contaminação ambiental nos lençóis freáticos (Marinho et al., 2018).

Apesar da drástica redução das doenças infecto parasitárias nos países mais desenvolvidos - alcançadas por meio da adoção de variadas medidas de saneamento do ambiente, referentes ao acesso à água de boa qualidade e afastamento dos efluentes - para

importante parcela da população mundial as doenças de veiculação hídrica ainda representam causa importante de morbidade e mortalidade, especialmente entre a população mais vulnerável de idosos e crianças, o que pode ser atribuído ao saneamento inadequado.

Rocha et al. (2006), ao avaliarem a qualidade da água em conjunto com a percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, entre os anos de 1999-2000, por meio do diagnóstico da utilização da água e do conhecimento apresentado pelas pessoas nessas áreas, apontaram que este conhecimento é importante na medida em que sinaliza os riscos para a saúde e o perigo da contaminação dos recursos hídricos. Da mesma forma, Vargas et al.(2005), em pesquisa interdisciplinar sobre “percepção social da água”, analisa a incidência de discrepâncias entre os problemas ambientais concretos e sua percepção social, que podem apresentar visões divergentes advindas de diferentes percepções sociais sobre os aspectos centrais da água como custo, quantidade e qualidade.

Segundo o mesmo autor:

A percepção ambiental é uma área interdisciplinar que investiga os vínculos existentes entre as atitudes, os valores e as práticas de indivíduos e grupos em relação ao meio ambiente (natural e construído) e as respectivas maneiras de perceber o mundo exterior (Vargas et al. 2005, pág. 4).

Segundo Beltrão (2005), no município de Santa Rita (PB), o abastecimento rural de água, utiliza poços tubulares – com profundidades de até 120 metros – em que se destaca a presença de diversas fossas num raio de 30 metros da área de captação. Em geral, essa captação é coletiva e comunitária, havendo, entretanto, nas localidades menores e mais isoladas a utilização de poços individuais, cacimbas e barreiros para suprir a demanda hídrica.

Nessa região as atividades econômicas estão intimamente ligadas à prática agrícola do momocultivo de cana de açúcar, abacaxi e mandioca, aliada ao desenvolvimento de atividades agropecuárias de criação de animais, carcinicultura, piscicultura e pesca.

Dessa forma, a problemática desta pesquisa foi entender quais as condições sanitárias dos domicílios e de que forma as atividades realizadas estão interferindo na qualidade de água utilizada por estas comunidades verificando se esta atende ao padrão de potabilidade do Ministério da Saúde. Nesse sentido, o desenvolvimento da compreensão específica acerca do funcionamento do sistema de abastecimento de água da zona rural de Santa Rita é importante à medida que a garantia da efetiva qualidade da água utilizada, advém da proteção e controle do sistema, por meio do levantamento de possíveis pontos de vulnerabilidade causadores de potencial risco de ocorrência de contaminação.

Dado o seu caráter de solvente universal a água configura-se num dos mais comuns meios de propagação de doenças, exigindo assim, que a mesma quando destinada ao consumo humano, possua o mais alto grau de qualidade.

Dessa forma, a busca pelo uso de tecnologias socioambientais como as técnicas de permacultura, por meio da implantação de medidas de saneamento ecológico, faz-se necessária. A permacultura configura-se numa oportunidade de aprendizado, tornando mais eficientes os métodos para tratar esgotos domésticos, através da construção de fossas ecológicas e utilização de ciclo de bananeiras, essas tecnologias são empregadas para tratar águas cinza e negras respectivamente. Paes (2014) construiu fossas ecológicas em domicílios nos municípios de João Pessoa e Conde, demonstrando a possibilidade de tratamento e reuso eficiente de águas residuárias domésticas.

Alsén e Jensen (2004) relataram que o saneamento ecológico é fundamentado no isolamento dos esgotos domésticos em dois tipos de águas: em águas cinza (provenientes de lavagem) e águas negras (águas com dejetos provenientes dos banheiros), o que promove a reciclagem e o tratamento dessas águas.

Uma das consequências da utilização de tecnologias sociais, é o aumento da sensibilização ambiental dos moradores rurais contribuindo para a melhoria da qualidade de vida, por proporcionar a possibilidade de consumo de uma água mais saudável, ao mesmo tempo em que se provê o reuso dessa em sistemas de produção de alimentos, evitando o desperdício da mesma e a contaminação ambiental.

Inegavelmente a água assume caráter essencial, tanto por satisfazer o consumo humano, como por ser necessário à sobrevivência humana e ao desenvolvimento de todos os seres humanos, e o seu acesso, condição necessária para a produção de riqueza, possui um caráter estratégico para as sociedades: o de bem público (GOLDENSTEIN e SALVADOR, 2005).

Notadamente em escala mundial os usos da água em atividades econômicas, que vão desde a agricultura até a sua manipulação em escala industrial, são marcados pela crescente indisponibilidade para atender a atual demanda por fontes de abastecimento adequadas no aspecto físico, químico e bacteriológico.

O monitoramento da qualidade de água, identificando os riscos de contaminação das fontes de água utilizadas para abastecimento é de vital importância para o acesso das comunidades rurais à água em quantidade e qualidade adequadas. Nesse sentido, o Ministério da Saúde através da Portaria de Potabilidade defende que:

Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água (Portaria de Consolidação Nº 5, anexo XX - Ministério da Saúde, Art. 3º)

Torna-se assim, necessário o monitoramento da poluição pontual e difusa para garantir a qualidade de água consumida no município de Santa Rita uma vez que:

O conhecimento das características da água bruta permite a avaliação de sua tratabilidade, ou seja, a escolha do processo de tratamento mais adequado e viável, do ponto de vista técnico e econômico, para torná-la potável. Por sua vez, o tipo de manancial, superficial ou subterrâneo, é fator determinante das características da água bruta (BRASIL, 2006, pag. 53).

É necessário que a água de consumo humano, ofertada em sistemas alternativos e comunitários de abastecimento de água, possua a garantia mínima de qualidade para atender as necessidades dos seres humanos e o desenvolvimento de suas atividades cotidianas de acordo com o grau de qualidade necessário para cada tipo de uso.

Torna-se imprescindível a identificação das principais fontes de contaminação, grau de vulnerabilidade e estágio de proteção deste recurso subterrâneo, uma vez, que são raros os estudos em escala local e regional que sistematizem os dados disponíveis. O avanço no conhecimento a respeito da qualidade de água subterrânea é indispensável, porquanto permite a compreensão concernente à importância e aos desafios enfrentados para efetividade de sua gestão.

Esta pesquisa parte do pressuposto (hipótese) de que as condições sanitárias das comunidades e as atividades agrícolas desenvolvidas em torno das fontes de abastecimento comunitário da zona rural de Santa Rita (PB), têm ocasionado contaminação da água subterrânea utilizada para consumo humano pelas comunidades.

Uma vez estabelecida a relação entre a qualidade de água e as atividades desenvolvida no uso do solo espera-se chegar a ações concretas, seja pela proposição de novos paradigmas teóricos, seja pela adoção de atitudes práticas. Desse modo vislumbra-se constituir uma atuação factível entre as políticas públicas governamentais e os anseios sociais e ambientais das comunidades, de forma a garantir a que esse recurso seja assegurado para as gerações futuras,garantindo a qualidade de vida humana.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Investigar a qualidade da água dos mananciais subterrâneos de abastecimento de água da zona rural de Santa Rita (PB) e propor formas de melhoria.

1.2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os parâmetros físicos, químicos e bacteriológicos das águas utilizadas para abastecimento em diferentes comunidades do município de Santa Rita (PB);
- Verificar as condições de proteção da área de captação e ocorrência de focos de contaminação em torno das fontes;
- Investigar as condições sanitárias dos domicílios, o acesso à água e a percepção dos moradores locais em quanto à qualidade da água utilizada;
- Apresentar propostas que mitiguem os impactos humanos detectados, de forma a melhorar a qualidade de água desse manancial.

1.3 Estrutura geral da dissertação

A dissertação está organizada em sete capítulos, em que são apresentados a introdução, fundamentação teórica, metodologia utilizada, resultados e discussões e considerações finais.

O Capítulo 1 trata da introdução são exibidos a contextualização do tema, as justificativas, objetivo geral e objetivos específicos da pesquisa.

O capítulos 2 traz o referencial teórico que trata do desenvolvimento sustentável e abastecimento de água em zonas rurais, a água subterrânea e seus aspectos naturais, e da poluição e qualidade de águas subterrâneas.

O Capítulo 3 apresenta a descrição das metodologias da pesquisa escolhidas para cada objetivo especificado, apartir da caracterização da área do estudo, coleta e análise de dados da composição química, física e bacteriológica da água, características do uso e ocupação do solo no entorno das fontes utilizadas para abastecimento público de água, além da investigação da percepção dos moradores das comunidades da área de estudo de forma a contemplar múltiplas perspectivas do assunto investigado. O capítulo 4 relata os resultados e finalmente o Capítulo 5 apresenta as conclusões e recomendações do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A escala das mudanças globais: o Antropoceno

A sociedade atual vive num ritmo de constantes mudanças, as quais expõem o atual capítulo da história da interferência humana no ambiente, marcando a transição do planeta para o Antropoceno, os humanos tornaram-se o maior vetor de mudança global sistêmica (VIOLA, FRANCHINI, RIBEIRO, 2013). A escala dessas transformações é de tal magnitude que é impossível prever com exatidão o resultado dessas intervenções. De fato, está-se vivendo uma época radicalmente diferente de tudo o que o ser humano viveu até aqui (PÁDUA, 2015).

Esta seria muito mais do que uma nova época geológica, sendo atualmente utilizada como metáfora da mudança global, como um novo quadro analítico, uma imitação que ilustra o relacionamento da sociedade com a natureza (BRONDIZIO et al., 2016).

O desenvolvimento em larga escala das forças produtivas foram viabilizados pela ocorrência da chamada Revolução Industrial. Segundo Steffen et al. (2011) as forças propulsoras da referida revolução tiveram, entre outras, o uso em larga escala dos combustíveis fósseis, que possibilitou a expansão das atividades de produção antes limitadas pela restrição energética, promovendo um crescimento simultâneo e de intensidade inédita da população, das estruturas urbano-industriais e do consumo dos recursos naturais (PÁDUA, 2015).

Segundo Brondizio et al. (2016), os fatores sociais da mudança global, incluem fatores como mudanças na tecnologia, consumo de recursos, população e assentamentos, mobilidade, culturas e ideias, comunicação e comércio, bem como conflitos civis e militares.

A industrialização trouxe a idéia da busca pelo desenvolvimento, que tem segundo Diegues (1992), o seu conceito atrelado ao conceito herdado do enfoque positivista, de progresso. Este pressupõe que as sociedades desenvolvem-se sem limites galgando estágios cada vez maiores de acumulação de riquezas. Segundo o mesmo autor, isso parte da crença de que, o conhecimento técnico e científico é o caminho para desvendar-se a natureza e a por a serviço do ser humano. Tendo os problemas ambientais como efeitos colaterais do progresso (LIMA, 2017) e por isso, sem lhes dar o verdadeiro valor, nem tentar minimizá-los.

Segundo Pádua (2016), uma maior escala de ocorrência de problemas ambientais começaram a aparecer em todo o planeta, principalmente nos países mais industrializados,

como poluição, acidentes industriais e perda de solos. Estes revelam o grau de alteração que a ação humana, refletida no atual modo de vida e consumo, está causando aos limites naturais de regeneração do planeta. Extrapolar os limites do planeta implica pôr em risco a sobrevivência dos humanos (VIOLA e BASSO, 2016).

Segundo Jacobi (2017, pag.13):

A humanidade chegou a uma encruzilhada que exige examinar-se para tentar achar novos rumos, refletindo sobre a cultura, as crenças, os valores e os conhecimentos em que se baseia o comportamento cotidiano, assim como sobre o paradigma antropológico-social que persiste em nossas ações, no qual a educação tem enorme peso.

O debate ético agora é mais complicado pela inclusão dos direitos das gerações futuras e outras formas de vida (SHIVA, 2009). De fato, aparecem os sinais de uma consciência global e a consciência crescente da interligação de sistemas vivos: um despertar para o conhecimento de que somos parte integrante da natureza (CAPRA, 2002; SHIVA, 2002).

Tudo isso parece apontar para a necessidade de adoção de uma nova forma de pensar o desenvolvimento, levando a busca pela transição para a busca de uma nova forma de desenvolvimento que contemple a promoção de sociedades sustentáveis, ou seja, sociedades que vão além do crescimento econômico.

2.2 Desenvolvimento sustentável e áreas rurais

Desenvolvimento sustentável segundo a Comissão Brundtland (1987) é aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem impedir as gerações futuras de satisfazerem as suas. Segundo Guimarães (1996), esse conceito, porém, não é hegemônico, uma vez que existem diversas opiniões acerca do mesmo, estando estas intensamente acopladas às diferenças apresentadas entre grupos sociais.

Entretanto, há de se pensar em vários tipos de sociedades sustentáveis, ancoradas em modos particulares, históricos e culturais de relações com vários ecossistemas, existentes na biosfera e dos seres humanos entre si (DIEGUES, 1992, pag. 22).

Quando se considera o ambiente rural têm-se, segundo Rebouças (2001), as menores oportunidades de desenvolvimento oferecidas pela vida no campo, propiciando uma qualidade de vida insatisfatória para a população que vive e desenvolve atividades produtivas no meio rural, além da exclusão do acesso a serviços básicos e o consequente êxodo para as cidades.

Por outro lado, segundo o mesmo autor, a população urbana do mundo depende fundamentalmente da produção advinda das atividades rurais, para manter a sua provisão de alimentos e matéria prima que, por sua vez, desenvolvem-se por uma parcela da população que está cada vez mais em decréscimo.

A perspectiva de desenvolvimento rural foi durante muito tempo pautado, segundo Navarro (2001 *apud* Schneider, 2010), em ações de intervenção do Estado, e de organizações internacionais visando à integração das regiões rurais, com ênfase no processo de modernização e concebida como substituição de meios de produção.

O modelo de desenvolvimento praticado nas zonas rurais e agrícolas está passando por uma fase de transição. Marcado por muito tempo pela premissa entre produção *versus* proteção ambiental constitui-se num grande desafio.

Assim, a motivação e construção de diálogos consensuais, entremeados pela democracia e participação comunitária das populações rurais, torna-se fator chave para executar a transição da antiga dicotomia produção-proteção ambiental englobando a partir de agora o desenvolvimento rural sustentável.

O objetivo do desenvolvimento rural sustentável é incentivar o uso adequado da terra e dos recursos naturais, nas várias atividades que são desenvolvidas, seja nas áreas de agricultura familiar, assentamentos da reforma agrária, Terras Indígenas ou Comunidades Extrativistas, nas Áreas Susceptíveis à Desertificação (ASD) e nas áreas de produção agropecuária de tipo patronal/empresarial de grande escala (MARTINS et al, 2017, pág. 11).

O desafio é fazer uso dos recursos, de modo a reverter o atual patamar de deterioração dos ecossistemas naturais, provocada pelos usos agrícolas e agropecuários, promovendo, difundindo e consolidando estilos de desenvolvimento rural praticados em bases sustentáveis, como forma de controlar os vários impactos observados aos elementos ecossistêmicos.

Uma vez que a disponibilidade de água para consumo está intrinsecamente ligada à promoção do desenvolvimento, em qualquer esfera, seja desenvolvimento social ou econômico, nas áreas rurais, seu uso e oferta devem ocorrer em bases mais sustentáveis e equinâmicas de maneira a garantir a todos, sem distinção, o acesso à água em quantidade e qualidade.

2.3 Aspectos do acesso à água em áreas rurais

Segundo Tundisi (2011), a dependência da água doce sempre foi fator indispensável para a sobrevivência, desenvolvimento cultural e econômico das grandes civilizações passadas e presentes. Reafirma-se então, que o acesso à água tem natureza essencial para a sustentação da vida, além do seu caráter de suporte para as atividades econômicas e o desenvolvimento.

Pode-se definir acesso à água como a possibilidade de alcançar um manancial de água, sendo considerado que existe acesso, quando esta fonte está situada a no máximo 1 Km de distância, possuindo como tempo para atingi-la de até 30 minutos, com suprimento *per capita* mínimo de 20 L.hab⁻¹. dia⁻¹ (HOWARD e BARTRAM, 2003 apud RAZZOLINI, 2008). Esse valor é o mínimo recomendado pela Organização Mundial da Saúde – OMS, para garantia de saúde e bem estar domiciliar, uma vez que o suprimento de água disponível para uma família possui influência direta nos seus hábitos de higiene e incide consequentemente sobre a saúde.

Segundo Tundisi (2011), há muitos seres vivos comparte de seu ciclo de vida na água ou mesmo nela crescendo totalmente, desenvolvendo-se em vetores que crescem em sistemas aquáticos, ocasionando muitas doenças que afetam a espécie humana e chegam até nós por veiculação hídrica.

Estima-se que 842 mil mortes ocorridas em 2012 em países de renda média e baixa foram causadas por água potável contaminada, por instalações inadequadas para a lavagem das mãos e por serviços sanitários inapropriados ou inadequados (KONCAGÜL, E. et al., 2017, pág. 3).

Assim, de diferentes maneiras, em diferentes idades, o acesso a serviços melhores e adequados de água e saneamento influenciam a saúde, educação, expectativa de vida, bem-estar e desenvolvimento social (WHO/UNICEF, 2005). Segundo Reymão (2009), ao acessar a água e o saneamento básico com qualidade, a população assegura e faz valer seu direito humano de desenvolvimento, e proporcionar essa garantia constitui-se numa das inquietações das políticas públicas de qualidade de vida da população e combate à pobreza.

O acesso à água sanitariamente segura é promovido pela construção de infraestruturas de abastecimento de água tratada, de forma que se garanta a sua potabilidade. As áreas rurais, no entanto, caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como os poços,

para solução de abastecimento de água que atenda a sua população e suas atividades socioeconômicas.

A nível mundial, em países em desenvolvimento, considera-se a abrangência espacial observa-se a desigualdade no acesso a sistemas de abastecimento de água entre as áreas urbanas e rurais, que chega a 33% nas urbanas e 4% nas rurais quando consideram-se os países menos desenvolvidos do globo (WWAP, 2015).

No Brasil, apesar da cobertura dos serviços de abastecimento de água que alcançam segundo dados do censo do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), cerca de 82,9 % dos domicílios, a inexistência de acesso contínuo a fontes de água potável ainda é uma situação atual na realidade social brasileira.

Esse acesso é especialmente crítico para os residentes na zona rural, em particular para aqueles núcleos dispersos e em situação de pobreza. Isso confirma a premissa de que, as populações pobres encontram-se mais desprotegidas quando considerado o acesso à água potável, sendo que, a falta de condições econômicas e técnicas impedem a atuação no plano político e no enfrentamento das transformações ambientais (ALIER, 2007; AGUDO, 2010).

A Tabela 1 traz dados mais atualizados demonstrando um baixo atendimento no panorama de oferta dos serviços de abastecimento de água no Brasil, região Nordeste e estado da Paraíba apresentando a cobertura nos domicílios urbanos e rurais, demonstrando que estes últimos têm ainda menor cobertura, especialmente no estado da Paraíba.

Os dados anteriores evidenciam grandes disparidades na cobertura do abastecimento de água por rede de canalização considerando áreas urbanas e rurais a nível nacional, regional e estadual. Quando se observa o abastecimento de água por rede de canalização, em contexto nacional, apresenta 93,9 % de cobertura dos domicílios urbanos contra apenas 34,5 % de cobertura dos domicílios rurais. Em nível regional tem-se a região Nordeste que detém 92,5 % de cobertura dos domicílios urbanos contra 42,7 % de cobertura dos domicílios rurais. Já em âmbito local, o estado da Paraíba conta com 95,6 % dos domicílios urbanos com cobertura dos serviços de abastecimento de água, contra 16,5 % dos domicílios rurais.

Tabela 1. Cobertura de abastecimento de água - 2015

População	% cobertura (Rede de canalização)	Domicílios Urbanos	Domicílios Rurais
Brasil	85,4%	93,9 %	34,5 %
Nordeste	79,7%	92,5 %	42,7 %
Paraíba	80,4%	95,6 %	16,5 %

Fonte: IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios 2015.

Diante disso, o acesso à água de qualidade nas áreas rurais, segundo Aleixo et al.(2016), apresenta variáveis humanas, econômicas, sociais e ambientais abrangendo também os condicionantes das desigualdades existentes no acesso à água, de caráter demográfico e socioeconômico.

Desse modo, como a sociedade se organiza e que áreas ocupa reflete-se na oferta dos serviços de abastecimento de água tratada, sendo a distribuição de infraestrutura condicionada à renda, capacidade de pagamento e distribuição geográfica.

O desenvolvimento industrial e agrícola que ocorreu no Brasil, a partir da década de 40, tornou o tratamento da água – segundo o modelo iniciado na Europa na segunda metade do século XIX – cada vez mais complexo, pouco eficiente e fora do alcance financeiro de uma parcela crescente da população das cidades (REBOUÇAS, 2001,pag. 335-336).

Por outro lado, ao condicionar a oferta de água potável à construção e acesso a grandes infraestruturas excluem-se as áreas rurais da cobertura do serviço, uma vez que por conta de fatores geográficos como a grande dispersão das localidades, fatores econômicos municipais, o baixo nível de renda e consequente poder aquisitivo reduzido e que garanta a capacidade de pagamento dos usuários, irão atuar em conjunto, para que a implantação e operação dessas infraestruturas na área rural se tornem precárias. Para Martland (2012) a sustentabilidade de um sistema de abastecimento de água pode ser medida pela sua capacidade de ter um bom desempenho ao longo de um período de tempo muito vasto.

Indiscutivelmente, a oferta dos serviços de abastecimento de água pelas grandes companhias estatais ou privadas de saneamento demandam grandes custos de implantação e operação, estando, portanto pautadas no viés da sustentabilidade econômica, o que caracteriza as áreas rurais como instâncias não sustentáveis para implantação e gerenciamento destes serviços.

A distribuição geográfica das comunidades na área rural é caracterizada pela grande dispersão espacial dos domicílios, o que faz a oferta de infraestrutura de abastecimento inviável de ser implantada, o que torna as fontes alternativas de abastecimento as soluções mais indicadas para este contexto. No entanto, a adoção destas, deve ser pautada na premissa da oferta adequada em quantidade e qualidade hídrica. Por outro lado, para Aleixo et al. (2016) a exclusão do acesso ao saneamento adequado, que pressupõe a existência da oferta de serviços de todos os componentes do saneamento, de forma adequada, deve ser combatida, principalmente porque se relacionam com grupos minoritários, isto é, habitantes rurais e

população pobre em geral. Uma vez que, o fornecimento de água adequado às necessidades, quando considera-se a sua potabilidade, e em quantidade suficiente tem reflexos imediatos sobre a saúde e bem-estar da população (RAZZOLINI et al., 2008).

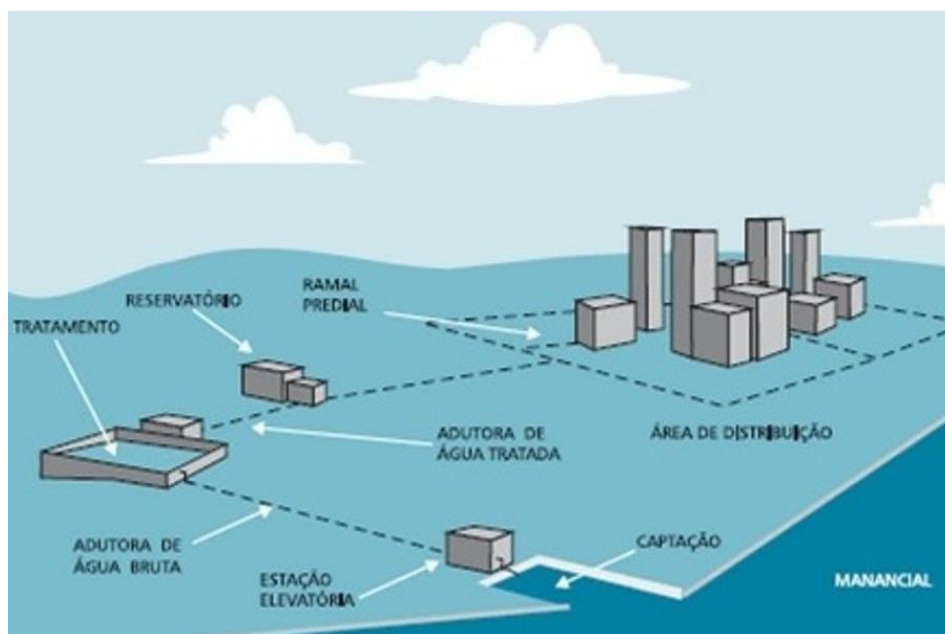
Dessa forma, em zonas rurais em que o lençol freático é principal fonte de abastecimento de água, utilizada a partir de poços, é necessário que se conheça a qualidade da água, para que a oferta seja realizada com segurança para a população.

2.4 Sistemas de abastecimento de água alternativos e seu uso em áreas rurais

O abastecimento doméstico de água é um dos requisitos sustentadores da vida humana (HOWARD E BARTRAM, 2003). De fato a água é um dos veículos fundamentais de transmissão de doenças, a sua oferta deve ser propiciada de forma sanitariamente segura.

Para Tsutiya (2006), entre as melhorias propiciadas pelo saneamento do ambiente a existência da oferta de água distribuída através dos sistemas de abastecimento são as que geram impacto mais efetivo na redução das doenças. Sua importância está correlacionada com a oferta de água tratada, por meio de atividades que vão desde a captação de água bruta, no manancial, ao seu tratamento, reservação e distribuição de água potável aos domicílios por rede geral (Figura 1).

Figura 1. Esquema de um sistema de abastecimento de água



Fonte: FUNASA, (2004).

Segundo, Heller e Pádua (2010), considera-se que as instalações físicas e o gerenciamento dos serviços para abastecimento de água devem fornecê-la com qualidade, regularidade e acessibilidade, de forma que as necessidades atuais sejam atendidas sem comprometer o atendimento das futuras gerações.

A Lei nº 11.445/2007 define abastecimento de água, como sendo aquele formado pelas atividades, infra-estruturas e instalações próprias ao abastecimento público de água potável, indo desde a captação de água no manancial até as ligações prediais domiciliares, além dos seus respectivos instrumentos de medição. Da mesma forma, Brasil (2017) na Portaria de Consolidação Nº 5 de 28 de setembro de 2017 do Ministério da Saúde, em seu anexo XX, explica e distingue os tradicionais sistemas de abastecimento de água das chamadas soluções alternativas.

Conforme a Portaria de Consolidação Nº 5 acima citada, um sistema de abastecimento de água é uma estrutura instalada que combina o conjunto de obras civis com materiais e equipamentos, sob a responsabilidade do poder público, que tem como objetivo produzir e distribuir canalizada água potável para as populações.

Quanto às soluções alternativas, estas são caracterizadas por serem um tipo de abastecimento coletivo que tem por objetivo prover água potável, por meio de captação em mananciais subterrâneos ou superficiais, com ou sem uso de canalização e sem existência de rede de distribuição (BRASIL, 2017).

A efetividade dos sistemas de abastecimento de água na promoção da oferta de água de qualidade colaborou para que de maneira geral fossem adotadas medidas, como os tradicionais investimentos em grandes obras de infraestrutura física de abastecimento de água potável sendo considerado como meio mais seguro de promover o acesso à água em quantidade e qualidade adequadas aos usos da sociedade.

As áreas rurais caracterizam-se pelo uso de fontes alternativas, como os poços subterrâneos, para a solução de abastecimento de água para atender a sua população e suas atividades socioeconômicas. Nesse contexto, a portaria de potabilidade, define solução alternativa para abastecimento de água como toda a forma de abastecimento de caráter coletivo, que possui sua configuração distinta do sistema tradicional, podendo ser realizada por meio de fonte, poço comunitário e/ou veículo apropriado para o transporte de água.

2.5 Água subterrânea e a escassez hídrica

Discussões ao redor do mundo trazem como assunto recorrente, o atual cenário de escassez de água doce no mundo e sua utilização para atender atividades econômicas e

satisfazer os hábitos de consumo de um contingente populacional cada vez mais crescente. A história do elemento água no planeta Terra é complexa, estando diretamente ligada com o crescimento da população humana, com o nível de urbanização e com os usos múltiplos que comprometem a sua quantidade e qualidade (TUNDISI, 2011).

Assim, a água está sujeita a ameaças, sendo que, os riscos globais associados com a água são considerados sistêmicos, uma vez que são capazes de causar impactos em diferentes locais, sendo vivenciados e compartilhados por diferentes setores e atores da sociedade (WORLD ECONOMIC FORUM, 2014).

Esse cenário tem trazido preocupações pela eminência da intensificação das disputas pelo uso da água, uma vez que a diversidade desses usos, bem como valores e crenças associadas localmente em várias partes do mundo sugerem o potencial de estímulo aos conflitos num futuro próximo à medida que a escassez de água se tornar mais difundida (WWAP, 2006) e sentida.

Adicionalmente, a previsão da Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura - UNESCO através do Programa Mundial de Avaliação dos Recursos Hídricos das Nações Unidas - WWAP (2017), é que a demanda hídrica irá aumentar expressivamente nas próximas décadas, principalmente advinda de setores como o agrícola, responsável por 70% das extrações de água no mundo, sendo previstos também, aumentos significativos na demanda hídrica advinda dos setores industriais e de produção energética.

Diante disso, é necessário destacar ainda que a crise hídrica vai muito além do problema da escassez de água (TROTIER, 2008). Assim, não se limita apenas aos aspectos quantitativos e qualitativos norteados pela demanda e oferta de água, é decorrência de um conjugado de problemas ambientais intensificados por outros problemas relacionados com a economia e com o desenvolvimento social (Tundisi, 2008 *apud* Gleick 2000). Além disso, possui ainda alguns aspectos relacionados com a gestão e infraestrutura.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura – FAO (2015), define escassez no acesso à água, relacionando também seus aspectos de gestão - como a escassez ocasionada por falha das instituições que devem garantir o abastecimento para atender os múltiplos usos – e aspectos de acesso à infraestrutura - como a escassez relacionada com a falta de infraestrutura adequada, devido a questões financeiras municipais, independente do nível dos recursos hídricos.

Os aspectos de gestão, quantidade e qualidade da demanda e oferta de água afeta o atual cenário, materializando-se na disputa pelo uso da água, que segundo afirmam De Souza Leão et al.(2016), devem-se tanto a fatores como gestão inadequada, como pela diminuição da

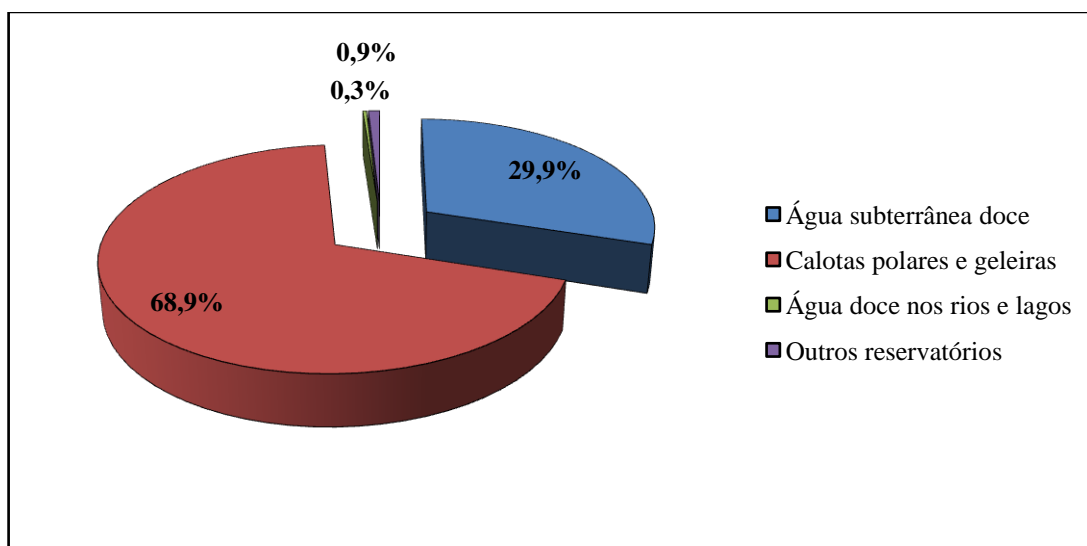
disponibilidade hídrica, afetada por problemas como efeitos climáticos, demanda por alimento e bens de consumo, aumento populacional e poluição das águas.

Dessa forma, além dos fatores econômicos e sociais, as alterações ambientais ocasionadas, num cenário de mudanças climáticas, onde há maior ocorrência dos eventos hidrológicos extremos, como secas – que agravam a escassez da água – e as inundações – que aumentam a carga poluidora nos corpos hídricos e mananciais de abastecimento – impactam diretamente na disponibilidade desse recurso em qualidade adequada para os usos humanos prioritários.

Os cenários relativos à mudança climática projetam uma exacerbação das variações espaciais e temporais da dinâmica do ciclo da água, de modo que as discrepâncias entre a oferta e a demanda hídrica estão se agravando. A frequência e a gravidade de inundações e secas provavelmente irão alterar muitas bacias hidrográficas em todo o mundo. As secas podem ter consequências significativas em termos socioeconômicos e ambientais (WWAP, 2017, pág.2).

Por outro lado, observa-se a heterogeneidade da distribuição de água no mundo (Figura 2). Se considerar-se a água doce disponível, observa-se que o maior volume de reservas está sob a forma de água subterrânea.

Figura 2. Distribuição de água doce na terra

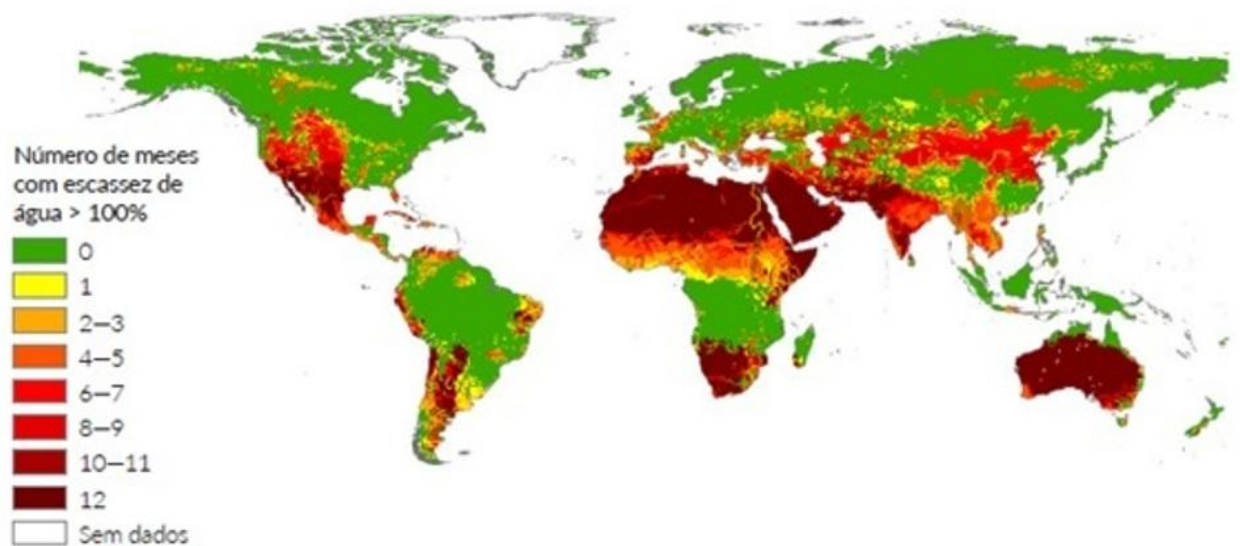


Fonte: adaptado de SHIKLOMANOV, 1998 *apud* TUNDISI 2011.

Segundo a WWAP (2017), as águas subterrâneas, continuam diminuindo em áreas, que têm-se tornado extremamente vulneráveis e condicionadas as transferências de água de áreas que possuem abundância desse recurso (Figura. 3).

Diante dessa perspectiva, a UNESCO (2017) afirma que se vislumbra um cenário em que a qualidade da água continuará a piorar, aumentando a ameaça para a saúde humana e ecossistemas, colaborando para a insuficiência da disponibilidade de água e atrasando o desenvolvimento econômico sustentável. Dessa forma, “aproximadamente 500 milhões de pessoas vivem em regiões onde o consumo de água excede em duas vezes a capacidade de renovação local dos recursos hídricos” (WWAP, 2017, pág.2).

Figura 3. Número de meses/ano nos quais o volume de águas superficiais e subterrâneas é extraído e não se renova (1996-2005)



Fonte: Mekonnen e Hoekstra (2016, Fig.3, pág.3)

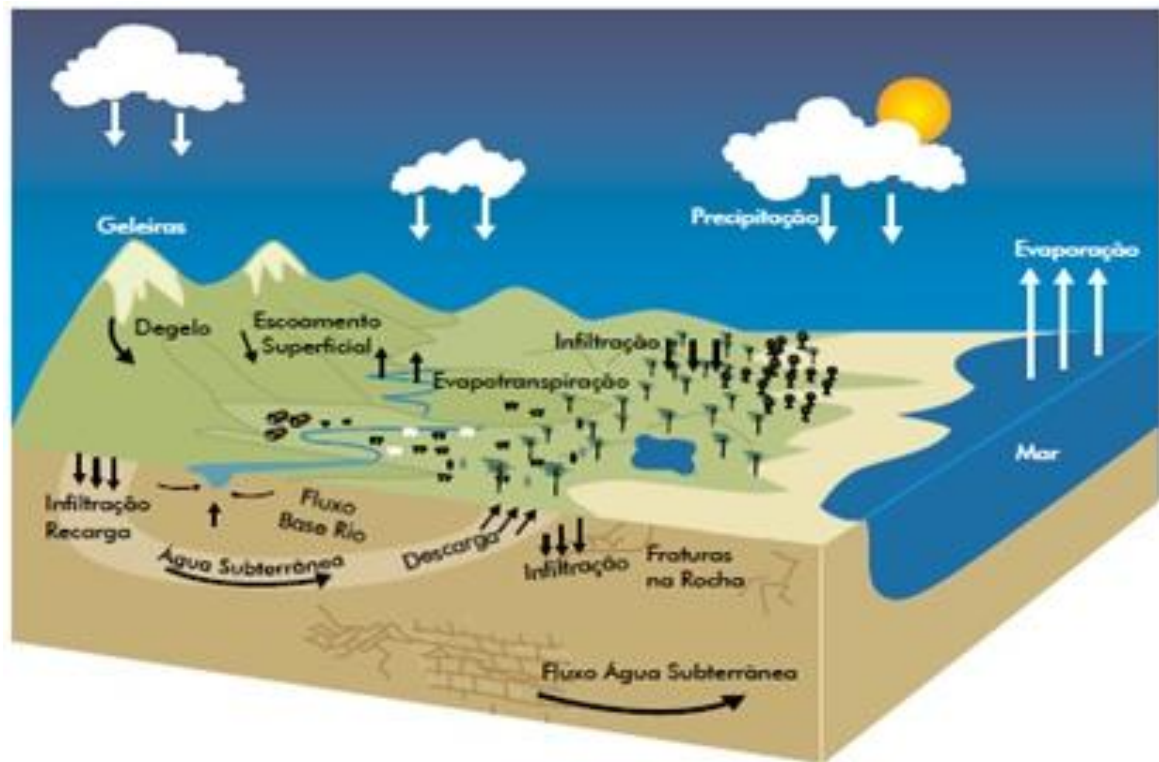
O fato é que a disponibilidade da água está ameaçada pelos inúmeros usos - que vão desde o consumo primário, passando pelo uso agrícola e industrial até a utilização para a produção de energia – que quando feitos de forma irracional e indiscriminado podem acarretar o agravamento de sua escassez.

2.6 Origem da água subterrânea: ciclo hidrológico

A água encontrada no planeta em forma líquida sustenta toda a vida existente e diferencia a terra dos outros planetas do sistema solar. As águas subterrâneas têm a sua origem relacionada com o ciclo hidrológico (Figura 4), sendo este o sistema pelo qual a água circula pelos diversos compartimentos terrestres. O ciclo é o modelo através do qual se

percebe a interdependência e a movimentação contínua da água nas fases sólida, líquida e gasosa (TUNDISI, 2011).

Figura 4. Ciclo hidrológico



Fonte: Ferreira et al.(2007).

A circulação de água na natureza é consequência da ação da radiação solar que ao incidir sobre os oceanos gera a evaporação da água de volta para a atmosfera; os ventos a difundem e a precipitação a traz de volta para a terra, aonde é temporariamente retida em solos e lagos. A água, perdida por evapotranspiração a partir do solo, plantas e animais ou como fluxo líquido através de canais, rios e aquíferos subterrâneos, retorna finalmente para o mar (ODUM, 2007; TOWNSEND, BEGON & HARPER, 2009).

O ciclo hidrológico é “responsável pela alimentação e pela regularização (perenização) dos rios, dos córregos, dos lagos e outros, permitindo que estes continuem fluindo na época de estiagem/seca” (BRASIL, 2009, pág. 5).

A Tabela 2 mostra a distribuição de água e dos principais reservatórios de água da terra e seus volumes totais e relativos.

Tabela 2. Área e volumes totais e relativos de água dos principais reservatórios da terra

Reservatório	Área (10³ km²)	Volume (10³ km³)	Volume total (%)	Volume de água doce (%)
Oceanos	361.300	1.338.000	96,5	-
Água subterrânea	134.800	23.400	1,70	-
Água doce	-	10.530	0,76	30,10
Umidade do solo	-	16.5	0,001	0,05
Calotas polares	16.227	24.064	1,74	68,70
Antártica	13.980	21.600	1,56	61,70
Groenlândia	1.802	2.340	0,17	6,68
Ártico	226	83.50	0,006	0,24
Geleiras	224	40,60	0,003	0,12
Solos gelados	21.000	300	0,022	0,86
Lagos	2.058,7	176,4	0,013	-
Água doce	1.236,4	91	0,007	0,26
Água salgada	822,30	85,4	0,006	-
Pântanos	2.682,6	11,47	0,0008	0,03
Fluxos dos rios	148.800	2,12	0,0002	0,006
Água na biomassa	510.000	1,12	0,0001	0,003
Água na atmosfera	510.000	12,90	0,001	0,04
Totais	510.000	1.385.984	100	-
Totais de reservas de água doce	148.800	35.029	2,53	100

Fonte: SHIKLOMANOV 1998 *apud* Tundisi 2011.

Segundo Manuel Filho (2000), o ciclo da água é administrado no solo e subsolo pela atuação da força da gravidade, pela cobertura vegetal seu tipo e densidade e, na atmosfera e mares do planeta pelo clima. No solo e subsolo esse ciclo é governado pela atuação da gravidade.

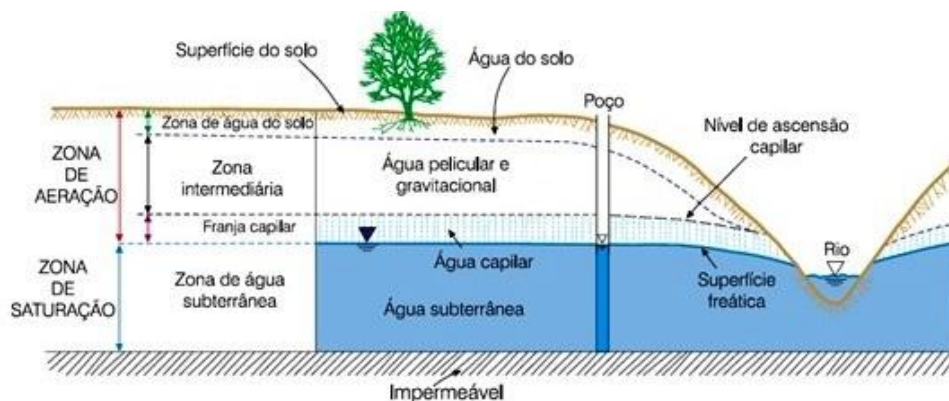
Assim, a precipitação, evaporação, transpiração, infiltração, percolação e drenagem são partes do ciclo hidrológico. Esse sistema complexo de circulação de água nos diversos compartimentos terrestres é utilizado como manancial, seja superficial ou subterrâneo, para o atendimento da demanda de água para as atividades domésticas e o desenvolvimento das atividades econômicas.

2.7 Ocorrência das águas subterrâneas

A água subterrânea ocorre em materiais rochosos consolidados e em materiais desagregados não consolidados (TSUTIYA, 2006). Sua ocorrência está ligada à capacidade de infiltração potencial do solo, da capacidade deste reter a água precipitada e impedi-la de escoar superficialmente. A capacidade de infiltração do solo é função de sua estrutura geológica que pode permitir a absorção e armazenamento da água e também da cobertura vegetal que pode contribuir com o armazenamento de água no solo, ou facilitar o seu escoamento.

Segundo Manoel Filho (2008), a distribuição vertical da água no solo não é homogênea, ao longo da profundidade do terreno podem-se encontrar duas zonas onde a água é distribuída de forma distinta (Figura 5) numa *zona de aeração* e *zona de saturação*.

Figura 5. Distribuição vertical da água no solo e subsolo



Fonte: BEAR & VERRUAJIT, 1967 *apud* Manoel Filho 2008.

Zona saturada ou *zona de saturação* é localizada abaixo da superfície freática estando todos os espaços porosos do solo preenchidas com água e submetidos à pressão atmosférica.

A *zona de aeração*, também chamada *zona não saturada* ou *zona vadosa*, é a que se situa entre a superfície freática e a superfície do terreno, contém poros parcialmente cheios de gases e água. Esta, por sua vez, subdivide-se em *zona capilar*, *zona intermediária* e *zona de água do solo*.

Segundo Rebouças (2008), a água que circula na zona saturada, abaixo da superfície freática é denominada na hidrogeologia de água subterrânea. Estas podem estar armazenadas em formações geológicas divididas em *aquíferos*, *aquicludes* e *aquitardo*.

Ainda, segundo o mesmo autor, *aquífero* é uma formação geológica contendo água e que consente que quantidades expressivas desta se movimentem no seu interior. São exemplos de formações permeáveis típicas de *aquíferos* as areias e os arenitos. Os *aquicludes* apesar de poderem conter água, até mesmo em quantidades significativas, em condições naturais são incapazes de transmiti-la. As formações geológicas impermeáveis típicas de *aquicludes* são as camadas de argilas. Finalmente um *aquitardo* caracteriza-se por ser uma formação semi-permeável que é delimitada no topo e/ou base por camadas de permeabilidade maiores.

2.8 Características dos sistemas aquíferos

As águas subterrâneas encontradas nos sistemas de aquíferos, Segundo Barbosa (2008), são as que se acumulam através de milhares de anos, sob o mecanismo de recarga (entrada) e descarga (saída).

Estes aquíferos, segundo Tsutiya (2006), apresentam-se com características que os diferenciam, de acordo com seus estratos limitantes e suas características físicas das superfícies de topo (superior) e de base (inferior). Além disso, em função da sua capacidade de transmitir águas nessas superfícies (MANUEL FILHO, 2008), dividem-se em:

Aquífero livre ou não confinado é um aquífero que possui um estrato permeável, parcialmente saturado de água, em que todos os pontos estão sob pressão atmosférica, sobrejacente a um extrato ou formação drenante (ou de base semipermeável) e não drenante (ou de base semipermeável).

Aquífero confinado ou artesiano é um aquífero que possui pressão da água no topo é maior do que a pressão atmosférica, estando completamente saturado de água, podendo ter extratos superior e inferior não drenante (camadas limítrofes impermeáveis), sendo chamado de *aquífero confinado não drenante* ou pode apresentar pelo menos uma camada semipermeável sendo chamado de *aquífero confinado drenante*.

Aquífero suspenso caracteriza-se por um extrato de permeabilidade reduzida que dá origem a um aquífero suspenso. É um tipo especial de aquífero livre desenvolvido sobre uma camada impermeável ou semipermeável localizada entre a superfície freática regional e o nível do terreno.

Ainda segundo o mesmo autor, a distribuição dos aquíferos no ambiente é função do seu sistema geológico, sendo controlado pelas características de litologia, estratigrafia e estrutura das formações geológicas.

2.9 Acesso à água subterrânea: os poços

As águas subterrâneas são importantes do ponto de vista natural, social e econômico, uma vez que é - ao mesmo tempo - meio para sustento da vida planetária, recurso para desenvolvimento de atividades humanas e matéria prima em variados processos industriais que possibilitam o desenvolvimento econômico.

Assim, segundo Vesilind e Morgan (2011), a água subterrânea é importante como fonte para o abastecimento de água, uma vez que uma grande fração do fluxo para correntes de água superficial é derivada das águas subterrâneas que estão abaixo da superfície.

De acordo com Vasconcelos (2015), a exploração de um manancial de água subterrânea diferencia-se conforme alguns fatores tais como: método de escavação utilizado, profundidade da captação e características construtivas. Diante disso, as formas de captação podem ser classificadas conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação de poços para captação de águas subterrâneas

Poço	Escavado > 0,5 m	Cacimba: diâmetro > 0,5m e sem revestimento de paredes.
		Cacimbão: diâmetro > 1 m e ≤ 5 m, com revestimento parcial ou total de paredes.
		Amazonas: diâmetro > 5m e com revestimento parcial ou total de paredes.
	Tubular < 0,5 m e revestido com tubos	Freático: capta água de aquíferos livres.
		Artesianos: nível potenciométrico abaixo da cota do terreno.
		Artesianos jorrantes: nível potenciométrico acima da cota do terreno.

Fonte: Vasconcelos (2015).

A captação de água é a parte inicial do funcionamento do sistema de abastecimento de água, seja ela feita a partir de um manancial superficial ou subterrâneo. Quando alimentado por um manancial de água subterrânea, um sistema de abastecimento de água, para atender a demanda de água, utiliza-se da perfuração de um poço tubular, “que é o meio mais eficiente e prático de se captar água subterrânea de uma formação aquífera” (DEMETRIO e MANOEL FILHO, 2008, pág. 185).

O poço tubular, portanto, é aquele onde a perfuração é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e/ou rotopneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm), revestido com canos de ferro ou de plástico (COSTA FILHO, 1998, pág. 1).

Assim, dada as particularidades encontradas nas várias estruturas geológicas que podem abrigar águas no subsolo, o projeto de um poço é considerado uma complexa obra de engenharia e como tal, sujeito a normas e especificações, com projeto e construção disciplinadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, por meio das NBR 12.212/2017 – Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea – procedimento e NBR 12.244/2006 – Construção de poço de tubular para captação de água subterrânea.

Além disso, é necessário conhecer a composição geológica do solo e o comportamento hidrogeológico da água a ser captada, para que ocorra o correto dimensionamento de estruturas e adequação de vazão explorada.

Um dos principais problemas que ocorrem na perfuração, construção e utilização de poços subterrâneos para captação de água é que segundo Barbosa (2008), a perfuração de novos poços tem sido acompanhada de construções sem critérios técnicos adequados. Dessa forma, estas instalações inadequadas constituem-se num risco para a qualidade das águas subterrâneas, por se tornarem pontos de entrada para os focos de contaminação advinda do entorno das fontes.

Segundo Brasil (2009, pág.5):

Essas águas têm importância estratégica, pois normalmente apresentam elevado padrão de qualidade física, química e bacteriológica. Além disso, não são afetadas por períodos de estiagem prolongada e evaporação e sua obra de captação (poço) pode ser construída próxima ao local da demanda, com custos e prazos geralmente inferiores às obras de captação de água superficial.

Em muitas regiões onde existem condições favoráveis para o seu aproveitamento a água subterrânea apresenta-se como importante recurso para o abastecimento público, por apresentar vantagens como inexigência de vultuosas obras hidráulicas, qualidade química, física e bacteriológica geralmente satisfatória, facilidade de extração e captação da água, baixo custo de instalação dos sistemas de abastecimento, entre outros.

Assim, segundo Rebouças (2001), a água não pode ser considerada somente como um mero recurso ou somente como matéria prima, possuindo valor intrínseco. Em primeiro lugar é um bem ambiental, podendo tornar-se um bem econômico.

2.10 Poluição de águas subterrâneas e controle do uso do solo

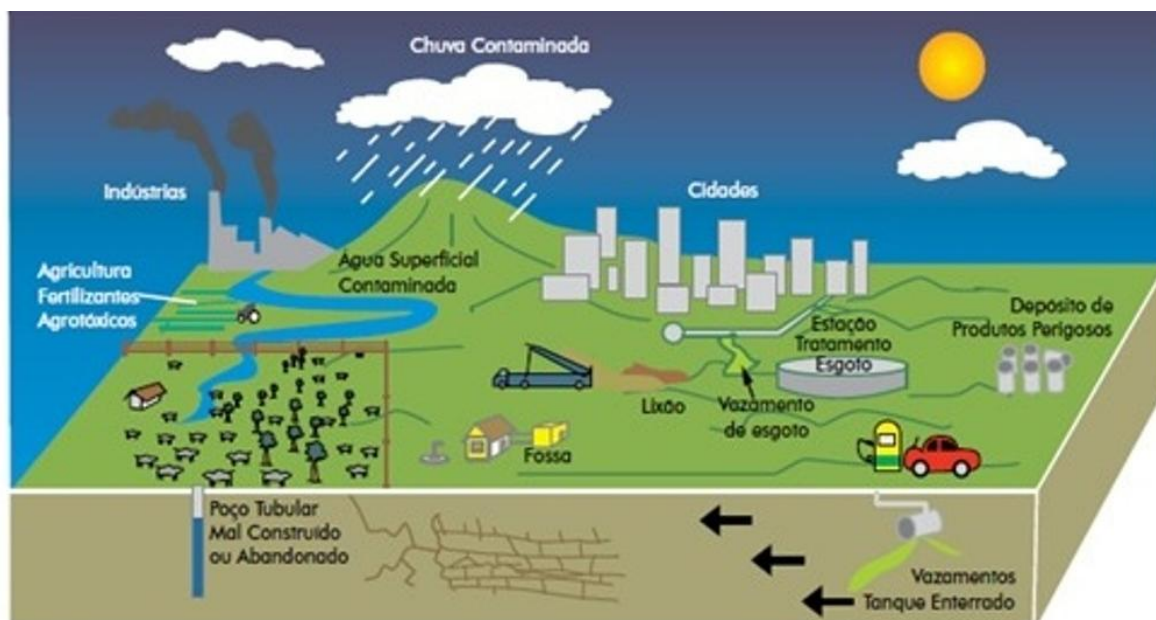
A água subterrânea tornou-se uma fonte significativa de água para o consumo humano, fornecendo quase metade da água potável mundial (WWAP, 2009). “A qualidade das águas de superfície e das subterrâneas é alvo de preocupação por dois aspectos distintos, mas que se sobrepõem: a saúde e o bem estar dos seres humanos; e a saúde dos ecossistemas aquáticos” (SPIRO e STIGLIANI, 2009, pág.233).

Segundo o relatório das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos:

O aumento do despejo de esgotos não tratados, combinado com o escoamento agrícola e as águas residuais tratadas de forma inadequada pela indústria, resultaram na degradação da qualidade da água em todo o mundo causando a poluição desses recursos (WWAP, 2017, pág. 2).

O desenvolvimento de atividades humanas contíguas a uma fonte de abastecimento de água pode gerar impactos negativos (Figura 6) e alterar a sua qualidade num curto período de tempo, o que pode acarretar em prejuízos ao uso pretendido.

Figura 6. Principais fontes de contaminação de águas subterrâneas



Fonte: Brasil (2004).

Segundo Braga (2005), a poluição é consequência do uso dos recursos naturais pelo homem, e é qualquer alteração que provoque desequilíbrio nas condições físicas, químicas ou biológicas do ambiente e que, efetivamente ou potencialmente, cause dano à saúde, às atividades dos seres humanos e outras espécies ou que possam danificar materiais.

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea. O destino final do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, os postos de combustíveis e a modernização da agricultura representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (Silva et al., 2014, pag. 2).

Quanto à extensão territorial, segundo Braga (2005), as fontes de contaminação se constituem em: pontuais (ou localizadas) e difusas (ou dispersas), sendo a aplicação de medidas corretivas e de controle mais fácil de proceder nas fontes pontuais do que nas fontes difusas. Ao mencionar a contaminação de águas subterrâneas Manoel Filho (2008, pág.382), explica que:

Em geral as contaminações pontuais dão origem a concentrações elevadas, localizadas em plumas que podem permanecer estratificadas em um aquífero. As contaminações difusas tendem a criar uma estratificação regionalizada e os mananciais de superfície e poços produzem uma mistura contaminada e não contaminada em proporções crescentes com o tempo.

Segundo Oleaga et al. (2009), a contaminação de aquíferos ocorre a partir do momento em que a carga poluidora aplicada proveniente de atividades antrópicas sobrepuja a capacidade natural de filtração do solo, provocando mudança na composição natural da água. Algumas vezes, esta entrada indesejada possui capacidade de impedir adequadamente o uso pretendido do manancial.

Apesar das alterações na qualidade, e conseqüente disponibilidade, da água subterrânea serem processos vagarosos, que ocorrem na velocidade de metros por ano, (OLEAGA et al., 2009), os sistemas de águas subterrâneas são recursos de água doce particularmente vulneráveis, uma vez contaminados, tornam-se difíceis e onerosos de limpar.

Segundo Manoel Filho (2000), quando a contaminação de águas subterrâneas acontece, para a retirada dos contaminantes existe uma dificuldade muito maior quando comparada com as águas de superfície, podendo em alguns casos tornar-se irremediável. “Uma vez comprometida a qualidade da água subterrânea de forma evidente, grandes volumes do aquífero já terão sido afetados” (FOSTER et al. 2003 *apud* OLEAGA et al. 2009, pág.18), o que ocasiona altos custos para restauração, quando for possível.

Sem sombra de dúvidas o controle do uso do solo tem influência explícita sobre a manutenção da qualidade das águas subterrâneas. Para tanto, segundo Oleaga et al. (2009), ações de gerenciamento da água subterrânea e fontes de abastecimento locais, regionais ou globais podem ser planejadas.

Logo, a proteção das zonas de captação, perfuração ou ambas, em conjunto com a delimitação de zonas em que se impedem ou restringem algumas atividades, são ações a nível local que visam garantir que se mantenha a qualidade da água que abastece populações e comunidades para vazões de bombeamento e períodos de tempo apropriados.

2.11 Padrão de potabilidade e qualidade de água para consumo

Utilizar água para consumo humano exige o seu mais alto grau de qualidade, dado o seu uso ser considerado o mais nobre. O conceito de qualidade da água, segundo Brasil (2006), está associado ao seu uso e às substâncias nela presentes, que determinam as características por ela apresentadas. Assim, a cada uso corresponde um grau exigido de qualidade.

Para atender os usos que abrangem o consumo, processamento e cultivo de alimentos juntamente com a higiene pessoal a água precisa ser potável. Esse padrão de potabilidade é constituído por um grupo de parâmetros que confere a esta qualidade adequada para o consumo humano (BRASIL, 2006).

Brasil (2017), ao conceituar água potável a Portaria de Consolidação Nº 5, anexo XX, do Ministério da Saúde, informa que esta é aquela que é apropriada para ser utilizada no consumo humano e que atenda ao padrão de potabilidade sem oferecer ameaças à saúde.

A qualidade da água é afetada pela poluição química, microbiológica e térmica (CARR e NEARY, 2008; MAYERS et al., 2009; UNEP, 2009), que pode ocorrer como resultado de excesso de nutrientes, acidificação, salinidade, metais pesados e outros oligoelementos, poluentes orgânicos persistentes e alterações nas cargas de sedimentos.

O uso de padrões descreve a qualidade que se deseja para usos da água específicos, desse modo o padrão de potabilidade consiste num conjunto de valores máximos, permitidos pela legislação, para alguns parâmetros indicadores, presentes na água reservada ao consumo humano. Adicionalmente, o padrão de qualidade da água é determinado levando-se em consideração o seu desdobramento em qualidade microbiológica, qualidade física e qualidade química.

2.11.1 Qualidade física e química

O carácter solvente da água lhe confere uma alta capacidade de diluição que resulta na presença dos mais diversos elementos químicos nesta, tendo como origem o próprio ambiente ou a ação humana, que lhes dá características das mais diversas.

Nesse sentido, o objetivo do estabelecimento de um padrão desejável para substâncias químicas visa proteger a população dos riscos à saúde, devido aos efeitos crônicos resultantes do consumo contínuo de água com certa concentração de determinada substância (BRASIL, 2006).

Para determinar o planejamento e o tratamento adequados, as análises físicas e químicas são normalmente conduzidas sobre variáveis como o pH, turbidez, cor, alcalinidade, dureza, condutividade elétrica, cloretos e cloro livre. Alguns desses parâmetros são importantes para orientar a necessidade e o planejamento do tratamento adequado e estão dispostos na Tabela (4):

Tabela 4. Características e implicações sanitárias dos parâmetros físicos e químicos da água

Parâmetro	Características	Implicações sanitário-operacionais	VPM
Cor	Indica presença de substâncias diluídas advindas da decomposição de matéria orgânica, presença de ferro e manganês ou introdução de efluentes industriais.	Aspecto estético	15 uH2
Turbidez	Partículas em estado coloidal, em suspensão, matéria orgânica e inorgânica finamente dividida, plâncton e organismos microscópicos.	Podem atuar como escudo a patógenos, protegendo-os da ação do desinfetante; aspecto estético, indicação de integridade do sistema.	5,0 UT
pH	Demonstra a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do meio líquido, pela presença de íons hidrogênio (H ⁺).	Define o potencial de toxicidade de vários elementos; controle da desinfecção, incrustação e corrosão das redes de distribuição.	6,0– 9,5
Alcalinidade	Indica a quantidade de íons que reagem neutralizando os íons hidrogênio e sua condição de resistir a mudanças do pH.	Não possui	30 a 500 mg/L
Dureza	Mede as concentrações totais dos íons Ca ²⁺ e Mg ²⁺⁺ , responsáveis pela dureza nas águas de abastecimento.	Gosto; reduzem a formação de espuma dos sabões, incrustações nas tubulações.	500 mg/L CaCO
Condutividade Elétrica	Sugere a aptidão de transmitir a corrente elétrica pela presença de substâncias dissolvidas.	Não possui	10 a 100 µS/cm
Cloretos	Provêm da dissolução de minerais ou da intrusão de águas do mar ou esgotos domésticos ou industriais.	Gosto; indicador auxiliar de poluição ou contaminação.	250 mg/L

Fonte: adaptado de Brasil (2006), Brasil (2014) e Brasil (2016).

2.11.2 Qualidade microbiológica

Os organismos patogênicos dadas as suas características, possuem fundamental importância na transmissão de doenças, uma vez que, segundo Vesilind e Morgan (2011), várias doenças podem ter na água seu veículo de transmissão.

Segundo Oleaga *et al.* (2009), é importante evitar a ingestão de águas subterrâneas contaminadas por bactérias patogênicas, vírus e/ou parasitas, uma vez que contaminantes microbiológicos, bactérias, vírus e protozoários na água representam um dos principais riscos mundiais para a saúde humana (UNEP, 2009).

A identificação dos microrganismos patogênicos na água é, quase sempre, morosa, complexa e onerosa. Por tal razão, tradicionalmente recorre-se à identificação dos organismos indicadores de contaminação, na interpretação de que a sua presença indicaria a introdução de matéria de origem fecal (humana ou animal) na água e, portanto, o risco potencial da presença de organismos patogênicos. (...) Os indicadores de utilização tradicional e quase universal são as bactérias do grupo coliformes. (BRASIL, 2006, pág. 21)

As bactérias conhecidas como *coliformes totais* são “o grupo dos coliformes que inclui bactérias não exclusivamente de origem fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas” (BRASIL, 2006, pág. 85). Porém, “o indicador mais preciso da presença de contaminação da água é, em qualquer situação, a *Escherichia Coli*, sua presença é interpretada como sinal inequívoco de contaminação” (BRASIL, 2006, pág. 85).

As bactérias coliformes, especificamente a *E. Coli* são habitantes naturais do intestino dos humanos e dos animais de sangue quente (MADIGAN et al. 1977 *apud* VESILIND e MORGAN 2011). Segundo os mesmos autores são as bactérias aeróbias mais comuns no aparelho digestivo, que não precisam de um ambiente ou condições nutricionais especiais para o seu desenvolvimento. Esses organismos habitam naturalmente o aparelho digestivo de animais de sangue quente, abundantes e facilmente detectados por um teste simples, de caráter resistente, sobrevivendo por mais tempo que a maioria dos patógenos.

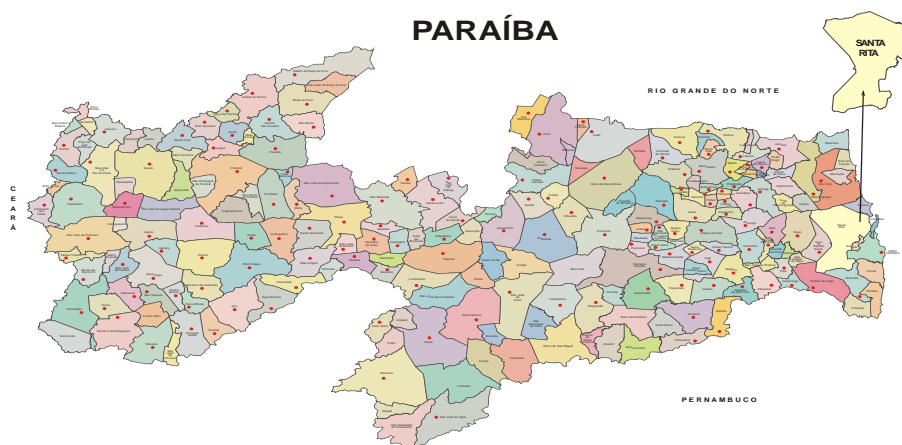
Segundo Brasil (2006), a visão da Organização Mundial da Saúde (OMS) é que a manutenção da qualidade microbiológica da água deve ser prioritária, uma vez que as ameaças à saúde ocasionada pelas substâncias químicas não se comparam com os riscos microbiológicos de transmissão de doenças.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área de estudo

O município de Santa Rita abrange uma área de 728, 113 km² segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, sendo parte integrante da Região Metropolitana da cidade de João Pessoa. Limita-se ao Norte, com os municípios de Mamanguape, Capim, e Lucena; ao Sul, com os de Alhandra, Pedras de Fogo e Conde; a Leste, com os municípios de Bayeux, João Pessoa e Cabedelo; e a Oeste, com os municípios de Sapé e Cruz do Espírito Santo (Figura 7).

Figura 7. Localização do Município de Santa Rita (PB)



Fonte: SEPLAN/SR (2015).

O município valoriza muito a produção de cana de açúcar que teve uma conjunção histórica na formação territorial do município, segundo Matias (2010), ficou conhecida como “Terra dos Canaviais.” Posteriormente das formas de exploração agrícola que se procederam no seu território, adquiriu nomes como “Rainha do Abacaxi” e “Terra das Águas Minerais”, exprimindo uma forte ligação com o uso de seus recursos naturais. Algumas informações básicas do município estão dispostas na Tabela 5:

Tabela 5. Informações básicas do Município de Santa Rita/PB

População estimada 2018	135.807
População 2010	120.310
Área da unidade territorial (km²)	730, 205
Densidade demográfica (hab./km²)	165, 520
Gentílico	Santa-ritense

Fonte: IBGE CIDADES (2018).

3.1.1 Aspectos naturais

O clima do município de Santa Rita é considerado, segundo a classificação de Koppen, como tropical do tipo As', com chuvas de outono-inverno, tendo período chuvoso - de março a agosto, e um período de estiagem - de setembro até fevereiro (MATIAS, 2010).

A precipitação pluviométrica do município está entre 1.400 e 1.800 mm anuais, com temperatura média anual de 26° C (BELTRÃO, 2005).

Segundo a Beltrão (2005), Santa Rita está localizada na unidade Geoambiental dos Tabuleiros Costeiros, que é uma unidade que acompanha todo o litoral do Nordeste e possui altitude média de 50 a 100 metros. Inclui platôs de origem sedimentar, que possuem grau de entalhamento variável, ou com vales estreitos e encostas abruptas, ou abertos com encostas suaves e fundos com amplas várzeas. Santa Rita está inserida na Bacia Sedimentar Paraíba-Pernambuco, caracterizada por afloramentos calcários ou relevos planos, pouco elevados (os tabuleiros), além de planícies marinhas e flúvio-marinhas.

Quanto aos solos:

São representados pelos Latossolos e Podzólicos nos topos de chapadas e topos residuais; solos Podzólicos com Fregipan, Podzólicos Plínticos e Podzóis nas pequenas depressões nos tabuleiros; solos Podzólicos Concrecionários em áreas dissecadas e encostas e Gleissolos e Solos Aluviais nas áreas de várzeas (BELTRÃO, 2005, pág. 4).

Segundo Matias (2010), na área do município há a existência de várias ilhas, dentre as principais a: Ilha da Restinga, Ilha dos Stuarts e a Ilha do Tibiri.

O município de Santa Rita está inserido nos domínios de três importantes bacias hidrográficas paraibanas, as bacias hidrográficas dos rios Paraíba - região do Baixo Paraíba - Miriri e Gramame.

Quanto à vegetação, de acordo com Beltrão (2015, pag.4), “esta é constituída por Floresta Subperenifólia, com partes de Floresta Subcaducifólia e Cerrado/Floresta.” Os mangues - com espécies adaptadas ao ambiente fluvio-marinho - aparecem no município de Santa Rita, na porção leste da várzea do Rio Paraíba (MOREIRA, 1999 *apud* MATIAS, 2010).

3.1.2 Aspectos sociais e econômicos

Dentro do cenário estadual, Santa Rita destaca-se como um dos municípios mais populosos da Paraíba, abrigando 120.310 habitantes, conforme dados do IBGE (2010). Isso

representa 3,2% da população do Estado, o que lhe confere a terceira maior posição, abaixo apenas dos municípios de João Pessoa e Campina Grande (Tabela 6).

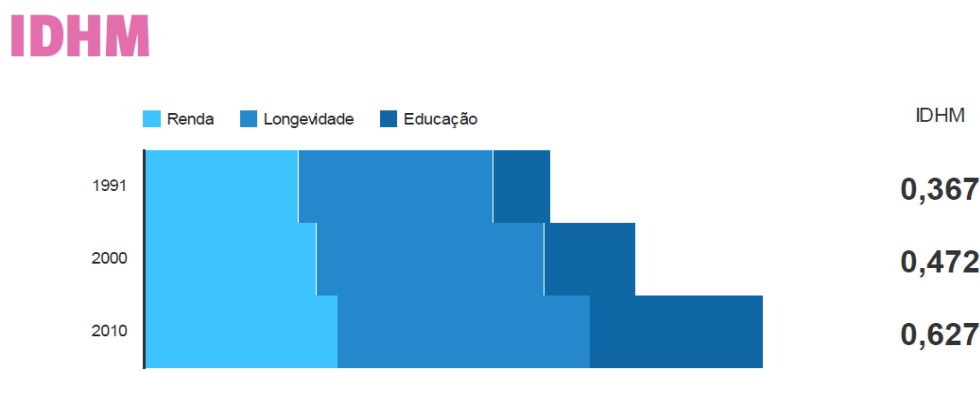
Tabela 6. População dos três maiores municípios do estado da Paraíba – (2000-2010)

<i>Municípios</i>	<i>2000</i>		<i>2010</i>	
	Absoluto	Percentual	Absoluto	Percentual
Estado da Paraíba	3.443.825	100,0%	3.766.528	100,0%
João Pessoa	597.934	17,4%	723.515	19,2%
Campina Grande	355.331	10,3%	385.213	10,2%
Santa Rita	115.844	3,4%	120.310	3,2%

Fonte: IBGE (2010)

Quanto aos indicadores sociais, segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013), o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Santa Rita era de 0,627, em 2010. Desse modo o município está colocado na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,6 e 0,699) conforme Figura 8.

Figura 8. IDHM do Município de Santa Rita e seus componentes (2000 - 2010)



Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano (PNUD, 2013)

A dimensão que mais evoluiu foi a educação, entre 1991 e 2000, (com crescimento de 0,109), acompanhada pela dimensão longevidade e dimensão renda respectivamente. De igual modo, entre 2000 e 2010, a dimensão educação alcançou crescimento de 0,251, acompanhada pela dimensão longevidade e dimensão renda. Nesse período de 20 anos a renda pouco cresceu.

O município de Santa Rita destaca-se como terceiro do estado na Paraíba referente à população e em quantidade de eleitores, sendo um dos maiores em configurações territoriais e

quarta economia do estado. Segundo dados do IBGE (2010), 77,5% das famílias recebem até 1 salário mínimo, como pode ser visto na Tabela 07.

Tabela 7. Classes de rendimento nominal mensal

Descrição	Quantidade de Famílias
Total	30.879
Até 1/4 de salário mínimo	5.038
Mais de 1/4 a 1/2 salário mínimo	9.537
Mais de 1/2 a 1 salário mínimo	9.350
Mais de 1 a 2 salários mínimos	4.184
Mais de 2 a 3 salários mínimos	798
Mais de 3 a 5 salários mínimos	316
Acima de 5 salários mínimos	134
Sem rendimento	1.521

Fonte: IBGE – Censo 2010.

3.2 Tipo e características da pesquisa

O conhecimento da realidade apresenta problemas passíveis de indagações que necessitam de respostas, assim com o objetivo de responder e descobrir a dinâmica dos fenômenos que permeiam a realidade desenvolve-se esta pesquisa. Esta é executada através do agrupamento dos dados disponíveis e o emprego cuidadoso de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos (GIL, 2002). A pesquisa desenvolve-se no intuito de encontrar solução para um problema de forma racional e sistemática.

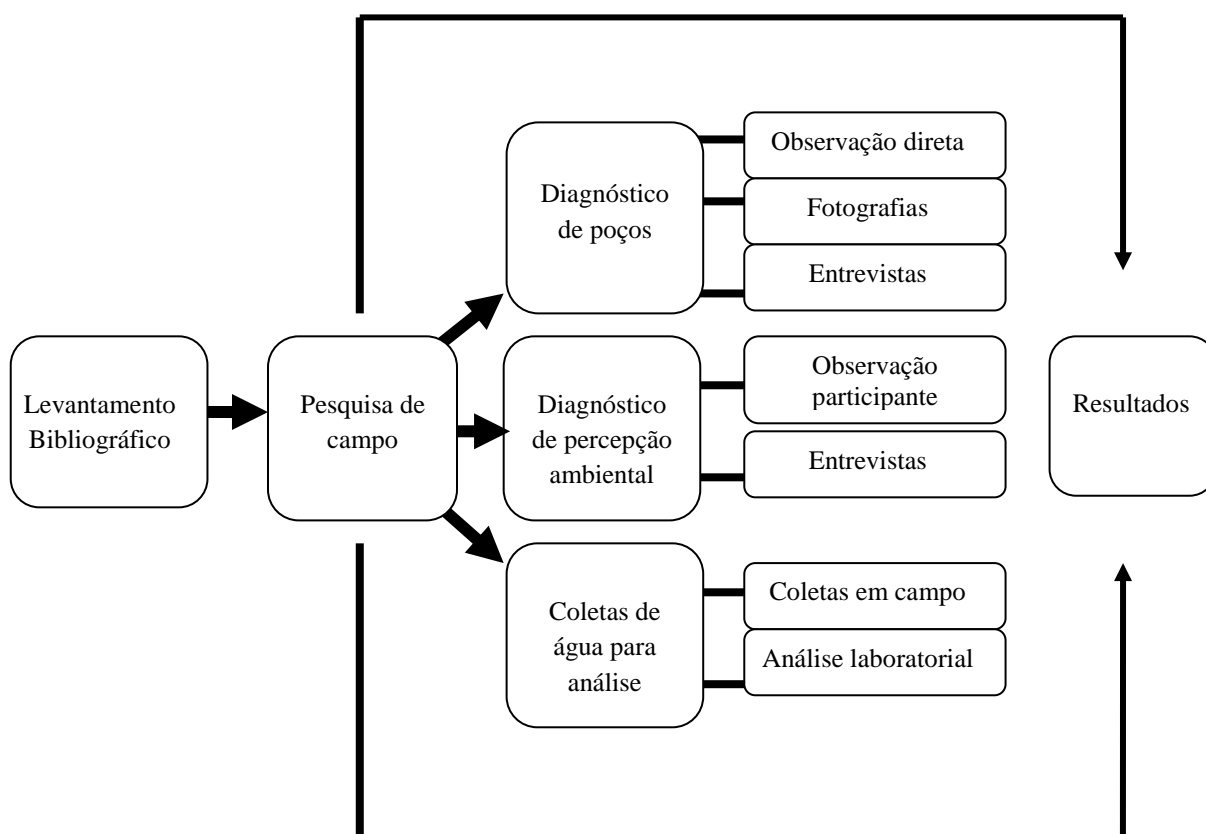
Este trabalho tem caráter de pesquisa exploratória, no qual a realidade é investigada por meio da coleta de informações. Segundo Gil (2002), pode-se dizer que essas pesquisas têm como objetivo principal o aprimoramento de idéias ou a descoberta de intuições.

Quanto à natureza, a pesquisa tem caráter de pesquisa aplicada, com intuito de produzir conhecimentos baseados nas verdades e interesses locais para que os resultados estejam direcionados para a solução de problemas específicos.

A coleta de dados foi desenvolvida conforme mostra a Figura 9. Os dados primários foram coletados em campo, através dos instrumentos desenvolvidos/adaptados para esta

finalidade. Quanto aos dados secundários, estes foram adquiridos por levantamento bibliográfico em sites oficiais do governo, órgãos públicos, artigos, dissertações e teses sobre a temática. Assim como planos e projetos de caráter regional e local com abrangência dentro da área de estudo.

Figura 9. Esquema metodológico da pesquisa (2017)



Fonte: elaborado pela autora (2017).

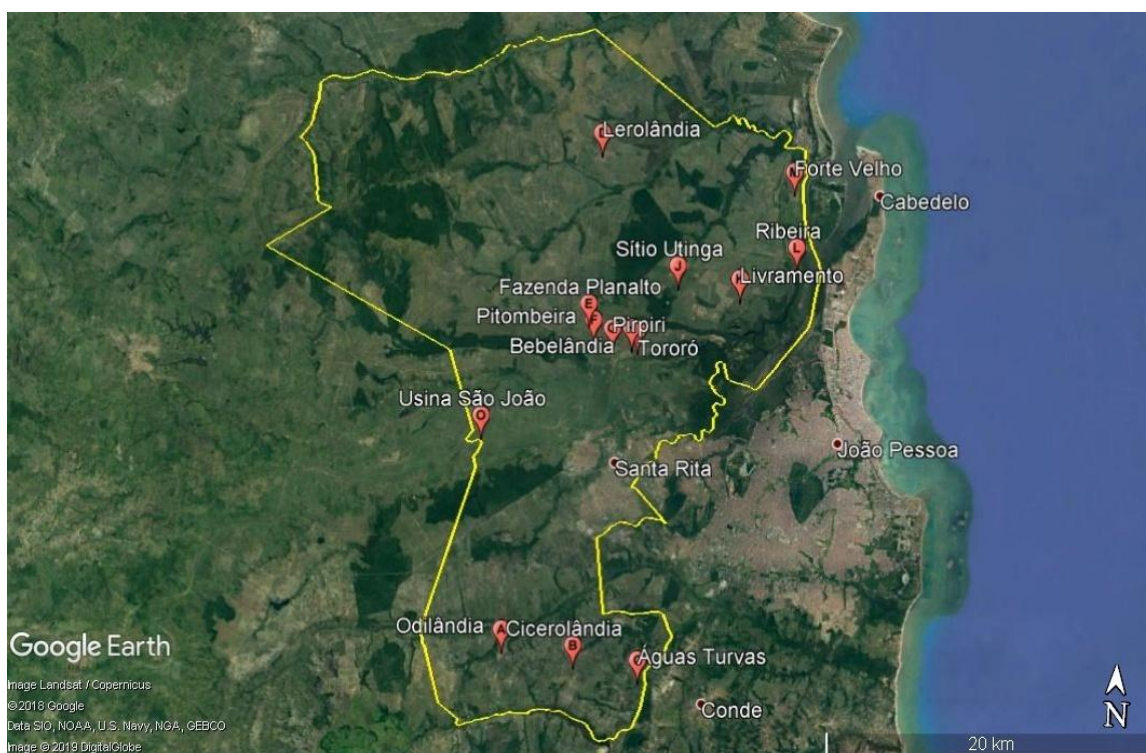
Para conhecimento *in loco* da realidade estudada realizou-se a pesquisa de campo exploratória, com o objetivo de compreender sensorialmente a realidade das comunidades rurais e seu abastecimento de água. Para catalogação das fontes de abastecimento comunitário utilizados foi aplicado um questionário de diagnóstico, semi-estruturado, com o objetivo de investigar o estado de conservação estrutural, físico, operacional e sanitário dos poços de água subterrânea.

Através de observação direta e participante, verificou-se a existência de possíveis focos de contaminação na estrutura de operação e/ou física do sistema de abastecimento, assim como na área de influência direta de captação de água.

Além disso, para captar a percepção dos utilizadores do sistema realizaram-se entrevistas baseadas em um questionário, que foi submetido ao comitê de ética da

Universidade Federal da Paraíba e teve sua execução aprovada, com número de protocolo **CAAE: 80251517.0.0000.5188**, e **Número do Parecer: 2.413.355**, associado a conversas informais com os responsáveis pela operação das caixas de água e moradores das comunidades de Odilândia, Cicerolândia, Águas Turvas, Lerolândia, Fazenda Planalto, Pitombeira, Piripiri, Usina Agroval, Usina São João, Bebelândia, Tororó, Utinga, Livramento, Ribeira e Forte Velho (Figura 10).

Figura 10. Comunidades rurais onde se desenvolveu a pesquisa



Fonte: Google Earth (2018).

Para complementar as informações coletadas realizou-se a observação da paisagem, e consulta a bibliografia existente sobre os aspectos naturais da área de estudo, com o objetivo de identificar os variantes da paisagem e as possíveis correlações entre a composição espacial da área estudada e sua possível influência na disposição e situação da qualidade de água das fontes. Fez-se uso de mapas, imagens do Google e fotografias.

3.2.1 Abordagem metodológica

A abordagem foi quali-quantitativa. Dentro da análise quantitativa objetivou-se a tradução em números das opiniões e informações com o objetivo de classificá-las e analisá-las

com o auxílio da estatística descritiva. Com abordagem qualitativa foram levantados os nexos e relações dinâmicas entre o mundo real e o sujeito, ou seja, entre objetividade e subjetividade através da descrição e atribuição de significados. Segundo Silva (2005), a fonte direta para coleta de dados é o ambiente natural, sendo o pesquisador o instrumento-chave através da análise indutiva do processo e seu significado.

3.3 Procedimentos metodológicos

3.3.1 Procedimento de coleta de dados

Para a coleta inicial de dados foi utilizado um questionário adaptado do Departamento de Água e Energia Elétrica (DAEE), da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), com objetivo de identificar a situação estrutural e o entorno dos poços de abastecimento de água na zona rural de Santa Rita. Assim, pode-se criar um banco de dados com informações gerais do sistema físico de abastecimento de água utilizado.

Do mesmo modo, elaborou-se um questionário de diagnóstico de percepção que foi aplicado junto às comunidades na área de estudo, para investigar e conhecer o perfil socioeconômico, as condições sanitárias dos domicílios, o acesso à água, a percepção dos moradores em relação à qualidade da água utilizada.

Os questionários foram organizados segundo a “técnica do funil” definida por Gil (1999, pág. 134) como “a ordenação segundo a qual cada questão deve relacionar-se com a questão antecedente e apresentar maior especificidade”, sendo dividido em blocos de assuntos.

3.3.2 Seleção dos sujeitos e tamanho da amostra

O levantamento de percepção foi realizado junto a moradores da zona rural de Santa Rita que utilizam o abastecimento público comunitário em suas residências, servidos ou não por canalização interna, com uso da água para consumo humano. A seleção dos entrevistados foi preferencialmente dos chefes de família.

O universo da pesquisa consistiu em amostra dos 3.793 domicílios rurais conforme levantamento do último censo do IGBE (2010). Além disso, adotou-se um nível de confiança desejado de 95%, com heterogeneidade de 20%. Assim o tamanho da amostra necessária foi

determinado pela fórmula de taxa de resposta para pequenas populações de Rea&Parker (2000), conforme Equação 1 abaixo:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1-p)}{(N-1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1-p)} \quad (1)$$

n = tamanho da amostra que se quer calcular

N = tamanho do universo

Z = desvio do valor médio que se aceita para alcançar o nível de confiança

e = erro percentual

p = heteroniedade

Para a seleção da quantidade de sujeitos, foi considerada uma margem de erro máxima de 5% e, portanto, ficaram definidos os seguintes parâmetros:

e = 5%, Z = 1,96 (para 95% de confiança), p = 20% e N = 3.793 domicílios

O que resultou em uma amostra selecionada de 231 questionários. Os resultados dos questionários aplicados foram organizados em planilhas eletrônicas do programa Excel (© 2010 Microsoft Corporation) e submetidos a tratamento estatístico descritivo.

3.3.2.1 Coleta para análise de água

Para a caracterização dos parâmetros químicos, físicos e microbiológicos da água utilizada nas comunidades rurais, foi firmada uma parceria entre a Prefeitura Municipal de Santa Rita (PMSR), através da Secretaria de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento (SEAPPA) e o Instituto Federal da Paraíba – IFPB, Campus Santa Rita, que através de seus técnicos efetuou as coletas, sendo as mesmas encaminhadas para análise física, química e bacteriológica no laboratório de águas do IFPB - João Pessoa.

As atividades desenvolvidas para a coleta de água dividiram-se em: escolha dos pontos de coleta, elaboração de um plano de amostragem, definição da logística do roteiro de coletas, realização das coletas de amostras em campo e encaminhamento destas para análise em laboratório.

Para seleção dos pontos de amostragem e conhecimento preliminar do Sistema de Abastecimento Alternativo, foi inicialmente feita uma pesquisa documental. Para tanto,

utilizaram-se informações secundárias contidas no Diagnóstico do Plano Diretor Municipal (2006) e no Diagnóstico do Município de Santa Rita, realizado pelo Serviço Geológico do Brasil – CPRM no âmbito do Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea – Estado da Paraíba, produzido por Beltrão et al.(2005). Estes documentos forneceram informações preliminares para delineamento e desenvolvimento da pesquisa.

Para levantamento inicial da quantidade de poços foi utilizado o diagnóstico do CPRM, a partir de “levantamento realizado no município, que registrou a existência de 81 pontos de água, sendo destes 47 poços tubulares” (BELTRÃO, 2005, pág. 6). Destes, foram selecionados poços, escolhidos para a amostragem baseados nos seguintes critérios: estar em operação normal, ser utilizado para abastecimento público, o consumo da água ser para uso primário e a finalidade ser o atendimento especial ou comunitário. Diante disso, a amostragem resultou num total de 30 poços tubulares de abastecimento nas comunidades da zona rural de Santa Rita.

No roteiro elaborado, as coletas de água para análise foram distribuídas para terem a duração de, aproximadamente, 03(três) meses, assim as coletas iniciaram-se no dia 30 de outubro de 2017 e finalizaram-se no dia 18 de dezembro de 2017.

A coleta das amostras de água, para análise física e química foi feita utilizando garrafas tipo PET de 1,5 L. Do mesmo modo, as amostras para análises microbiológicas foram coletadas em recipiente esterilizado e armazenadas de forma apropriada, com o intuito de manter a sua preservação. Essas foram posteriormente encaminhadas ao laboratório.

A metodologia para a coleta, conservação e análise das amostras seguiu os procedimentos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater - APHA (CLESCERI et al., 2005), além do Manual de Métodos de Análises microbiológicas (SILVA, 1997).

Os indicadores de qualidade de água adotados, assim como os valores máximos permitidos (VMPs) para os parâmetros analisados são os recomendados pela legislação brasileira, no Padrão de Potabilidade - Portaria de Consolidação nº 5, anexo XX - do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), portaria relacionada com a qualidade de água.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Qualidade de água nos pontos de abastecimento de água

Os parâmetros analisados foram: coliformes totais, coliformes termotolerantes, turbidez (T), cor, pH, condutividade elétrica (CE), alcalinidade total (AT), dureza total (DT) e cloretos (CT). Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 8.

Tabela 8. Características físicas, químicas e bacteriológicas das águas coletadas na pesquisa.

Ponto	C. Totais (NMP*)	C. Termotolerantes (NMP*)	T (UT)	Cor (Pt/Co)	pH	CE (25°C)	AT (CACO ³)	DT	CT
P1	70,00	7,00	0,14	-	5,83	67,26	11,70	24,00	21,30
P2	-	-	0,10	-	5,18	208,20	99,60	152,00	21,83
P3	2,00	2,00	0,10	-	7,15	200,60	14,64	84,00	50,90
P4	-	-	0,18	-	5,54	259,80	4,88	116,00	57,70
P5	13,00	13,00	0,32	-	4,74	338,00	219,60	276,00	29,11
P6	13,00	13,00	0,10	-	7,52	371,50	248,90	276,00	23,90
P7	63,00	33,00	0,16	-	4,49	70,81	19,52	56,00	20,27
P8	-	-	0,10	-	7,36	94,81	-	32,00	28,60
P9	5,00	2,00	0,17	-	5,71	68,32	-	20,00	19,75
P10	70,00	27,00	0,16	-	4,18	69,92	6,83	36,00	10,40
P11	2,00	2,00	0,15	-	4,30	87,21	7,80	36,00	16,11
P12	2,00	2,00	0,25	-	4,35	37,45	8,80	24,00	10,40
P13	-	-	0,10	-	5,25	84,00	6,80	36,00	21,30
P14	240,00	22,00	8,00	2,50	4,98	35,12	5,85	36,00	13,00
P15	16,00	34,00	0,12	-	4,80	58,41	6,80	24,00	13,00
P16	13,00	5,00	3,80	2,50	4,41	97,58	8,80	60,00	19,50
P17	-	-	0,16	-	4,51	95,88	7,80	44,00	22,35
P18	>2.400,00	>2.400,00	0,30	-	4,20	94,91	4,90	56,00	21,80
P19	2,00	2,00	0,34	-	4,35	98,62	20,50	72,00	18,19
P20	2,00	2,00	0,43	-	3,96	166,10	1,95	56,00	26,51
P21	>2.400,00	>2.400,00	19,00	40,00	5,65	206,90	27,32	72,00	52,50
P22	2,00	2,00	0,20	-	3,80	1,91	5,90	40,00	22,90
P23	1600,00	350,00	2,80	-	5,74	424,40	167,90	168,00	67,60
P24	8,00	2,00	0,13	-	4,16	4,23	11,70	32,00	16,60
P25	2,00	2,00	0,32	-	6,98	5,08	4,90	28,00	25,50
P26	-	-	0,13	-	7,19	9,82	5,90	40,00	14,60
P27	240,00	22,00	0,17	-	5,41	66,60	5,90	60,00	30,70
P28	2,00	2,00	0,29	-	4,60	0,29	26,40	40,00	11,40
P29	2,00	2,00	0,10	-	4,44	9,63	7,80	28,00	12,80
P30	12,00	2,00	8,40	12,50	4,76	06,70	13,70	48,00	39,50

*NMP: Número mais provável maior que o valor máximo de detecção do método dos tubos múltiplos.

Analisando os dados da Tabela 8 verifica-se que quando comparados os valores obtidos com o padrão de potabilidade que normatiza a qualidade de água para consumo humano verifica-se que a presença bacteriológica na água foi constatada nos pontos de coleta analisadas.

Os pontos P2, P4, P8, P13, P17 e P26 indicam a ausência de contaminação biológica correspondendo ao que preconiza o Ministério da Saúde.

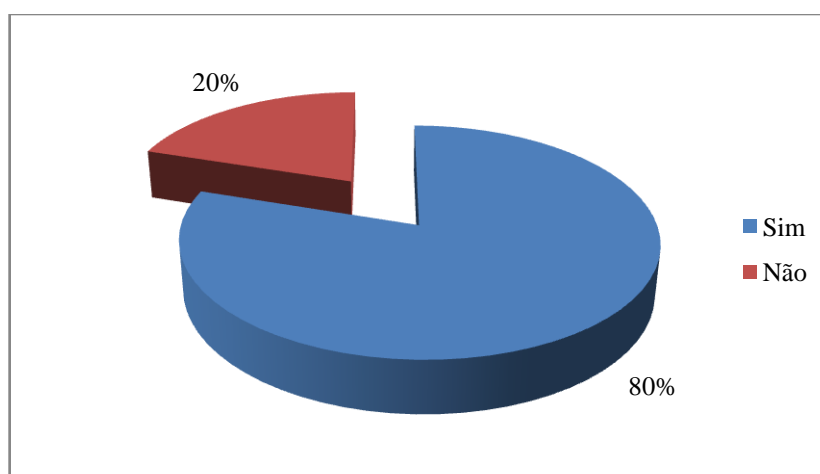
Quanto aos pontos P3, P5, P6, P9, P11, P12, P15, P16, P19, P20, P22, P24, P25, P28 e P29, P30 apresentam valores simultâneos de coliformes variando entre 2NMP e 16 NMP, para coliformes totais e valores entre 2 NMP e 13 NMP para coliformes termotolerantes, o que se configura numa pequena incidência de contaminação.

Quanto aos pontos P1, P7, P10, P14 e P27 apresentam valores que variam de 63 NMP até 240 NPM, para coliformes totais e valores de 22 NMP até 34 NMP para coliformes termotolerantes, o que indica presença de uma densidade de bactérias que deve ser levada em consideração.

Por fim, os pontos P18, P21 e P23 apresentam valores de 1.600 NMP até >2.400 NMP (valor máximo de detecção do método) para coliformes totais e valores 350 NMP até >2.400 NMP, o que revela uma alta densidade de bactérias presentes na água, requerendo a análise dos aspectos ambientais do entorno, para correção, no sentido de garantir a qualidade de água para consumo.

Desta forma, quanto aos parâmetros microbiológicos, a presente pesquisa indicou a presença de Coliformes totais e *Escherichia Coli*, simultaneamente, em 80% dos pontos estudados, estando ausentes em 20% deles (Figura 11).

Figura 11. Presença de Coliformes (Totais e Termotolerantes) em poços tubulares na região rural de Santa Rita



Fonte: dados da pesquisa

Segundo o art. 27 da Portaria de Consolidação Nº 5 do MS: “A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico”, o que significa que a incidência de Coliformes totais e Coliformes termotolerantes devem estar *ausentes* na água de consumo.

Nesse sentido, verificou-se que os parâmetros biológicos para Coliformes totais e Coliformes termotolerantes estão em desconformidade com o padrão de potabilidade em 24 (vinte e quatro) do total de pontos amostrados e que apenas 06 (seis) atendem ao padrão de normalidade, isto é, apresentam ausência de coliformes para cada 100 ml de água potável.

Apesar de ter sido detectado em quantidades menores em alguns dos pontos é necessário ressaltar, quando detectado sozinho o indicador Coliformes totais possui valor sanitário limitado, quando, porém, detectado em conjunto com a *E. Coli* sugere que medidas de controle devem ser imediatamente tomadas para garantir a qualidade da água de consumo.

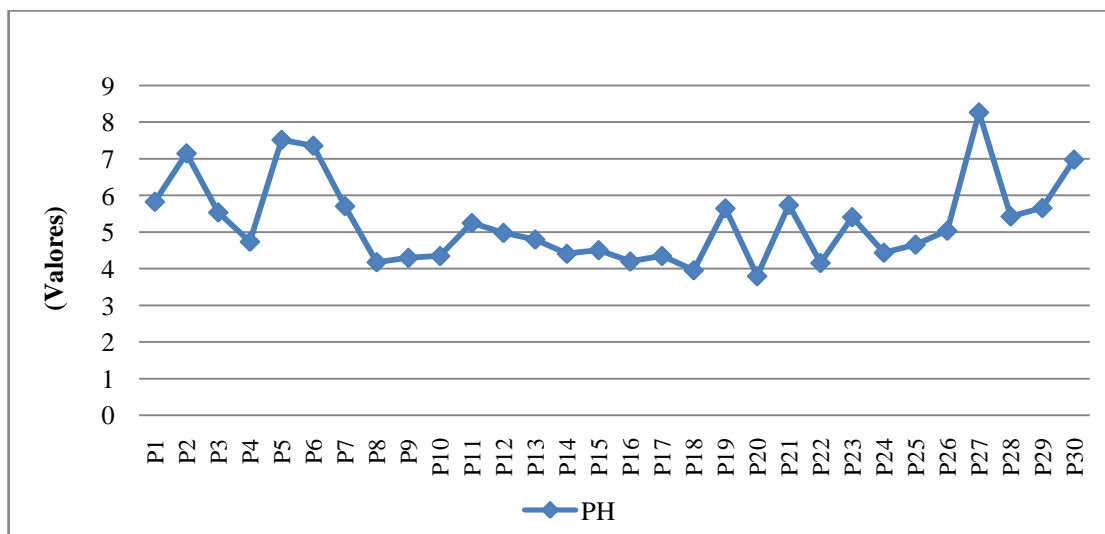
Presença de coliformes totais e de *E. Coli* também foram registrados em água de poços em um assentamento no Paraná (ABONIZIO, 2017), em que densidades de coliformes totais variaram de 51 a 1.011 NMP e *E. Coli* de <1 a 5,15. Esses dados demonstram que a contaminação bacteriológica na zona rural de Santa Rita é muito superior à do assentamento no Paraná, embora nessa região, 73% das fossas sejam fossas negras.

A presença dos indicadores pode indicar falhas ou insuficiência no tratamento, o que condiz com a realidade dos sistemas de abastecimento da zona rural de Santa Rita, uma vez que a água captada pelos poços não é tratada com nenhum tipo de agente desinfetante, o que garantiria a integridade bacteriológica da água.

4.1.1 Indicadores de qualidade física e química

O pH verificado em todos os pontos (Figura 12), exceto para os pontos P2, P5, P6, P15 e P30 está fora da faixa do recomendado pela legislação. Para o pH a portaria diz no Art. 39 que: § 1º *Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.*

Figura 12. Valor de pH nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita



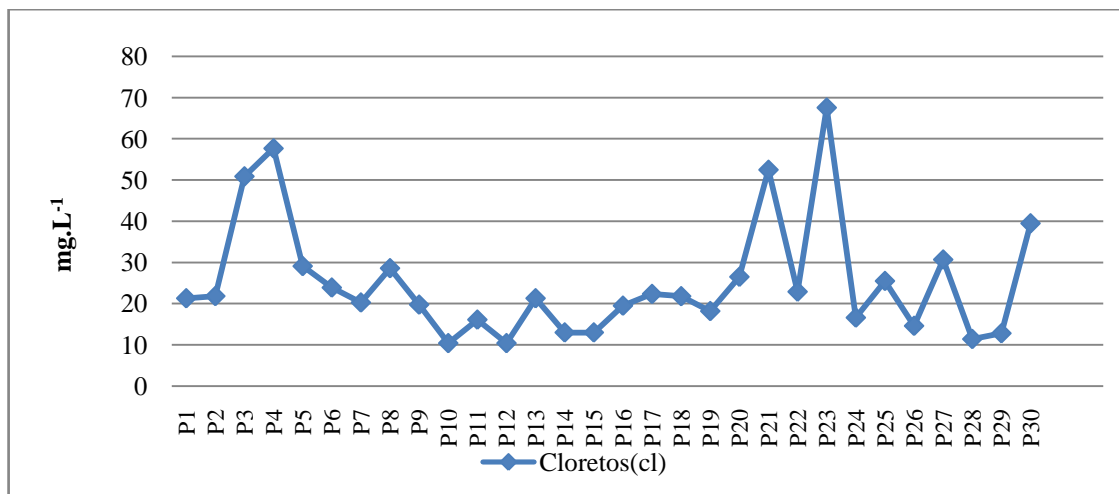
Fonte: dados da pesquisa

Os valores de pH encontrados revelam uma condição ácida na maioria das fontes estudadas, embora não possua implicações sanitárias. Segundo (CELLIGOI, 1999), o pH das águas naturais varia entre 4 e 9 a 25°C e é controlado pelo sistema CO_2 - HCO_3^- - CO_3^{2-} . Sendo assim, os valores de pH encontram-se dentro dos valores considerados normais em águas naturais.

Quanto aos cloretos (Figura 13), a legislação pertinente estabelece um teor de 250,0 mg.L^{-1} como valor máximo permitido para água potável, o que classifica as águas subterrâneas avaliadas como águas doces, uma vez que os valores encontrados estão situados na faixa entre 10,4 e 67,6 mg.L^{-1} .

Segundo Cavalcante (1998), os cloretos são originados da lixiviação de minerais ricos em Fe e ferromagnesianos (magnetita, biotita, pirita, piroxênios e anfibólios) originados da rocha mãe, da intrusão de água salina no aquífero ou ainda, podem estar associados a fontes de poluição antrópicas, ricas em cloretos. Gomes et al. (2016), em análise à qualidade de água de 250 poços no município de Fortaleza, verificaram que oito desses estavam com valores de cloretos superiores ao limite máximo proposto pela Portaria de Consolidação N° 5 do MS, com até 525 mg.L^{-1} (BRASIL, 2017) e os autores associaram esses valores, provavelmente a processos de dissolução em períodos chuvosos e evaporação em períodos de estiagem. No entanto, as maiores concentrações foram registradas em períodos chuvosos.

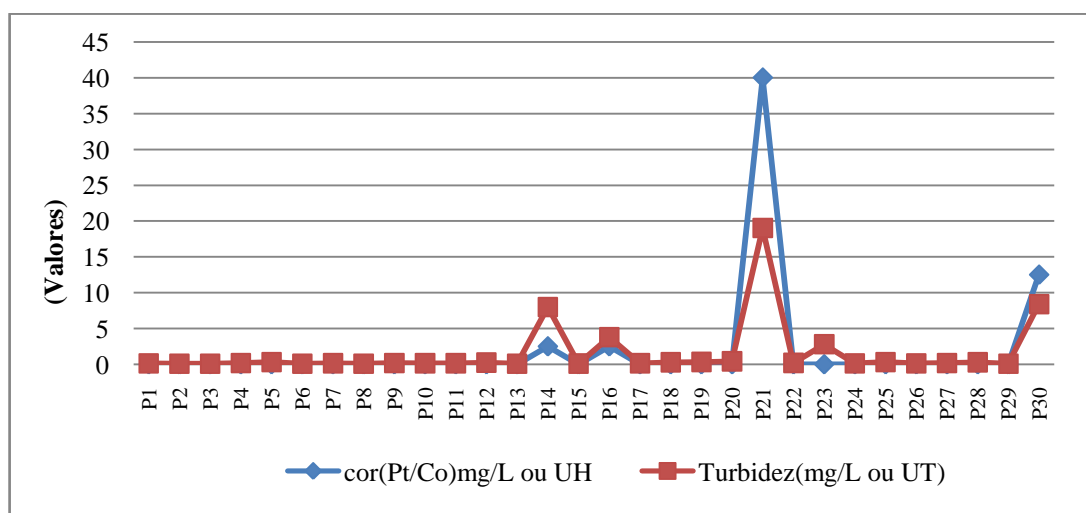
Figura 13. Valores de cloretos nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita



Fonte: dados da pesquisa

O parâmetro turbidez (Figura 14) apresenta apenas o ponto P21 fora da faixa recomendada. Uma vez que, segundo Brasil (2014), a turbidez para fins de potabilidade deve ser inferior a 05(cinco) unidades.

Figura 14. Valores de cor e turbidez nos pontos amostrados em poços tubulares na região rural de Santa Rita



Fonte: dados da pesquisa

A turbidez da água bruta é um dos principais parâmetros de seleção de tecnologia de tratamento e controle operacional dos processos de tratamento. A remoção da turbidez mediante filtração indica a remoção de partículas em suspensão, incluindo cistos e oocistos de

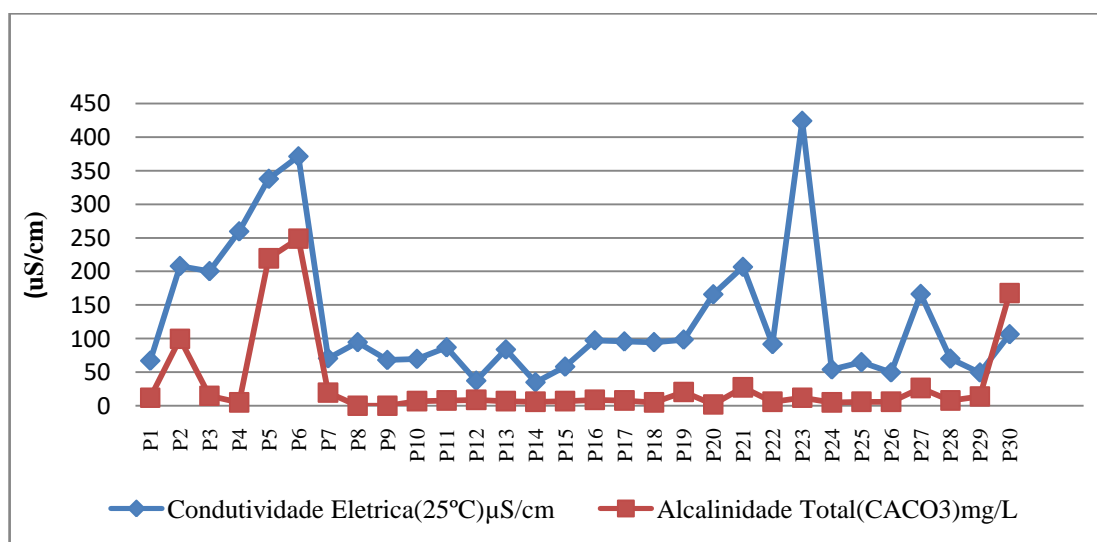
protozoários. Na pesquisa de Narciso e Gomes (2004) foram registrados valores de turbidez de 0,42 a 7,84 em poços localizados em área circunvizinha a Serra das Areias, além de na própria Serra, no município de Aparecida de Goiânia. Os autores alegaram que águas ricas em íons Fe, como no caso da área de estudo por eles analisada, podem apresentar turbidez elevada, devido à oxidação do ferro. No entanto, não parece ser a explicação para o caso desta pesquisa, em virtude da água dos poços ser oriunda da mesma região e com o mesmo aquífero.

O parâmetro cor (Figura 14), deve ser inferior a 15 (quinze) unidades segundo Brasil (2014). A análise apresentou o ponto P21 fora da faixa recomendada, e os pontos P14 e P30 com valores mais elevados que os outros. Narciso e Gomes (2004) registraram valores de cor aparente de $< 0,1$ a 43,0 no mesmo trabalho citado acima. Os autores atribuíram os valores elevados de cor à presença dos íons ferro.

Ao analisar a qualidade física e química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia, Lôndero et al.(2018), afirmaram que as legislações existentes no Brasil, não apresentam um limite máximo para a condutividade elétrica, de maneira que se possa avaliá-la dentro de um intervalo de valores tidos como aceitável. Segundo Von Sperling (2007), as águas naturais apresentam teores de condutividade elétrica na faixa de 10 a 100 $\mu\text{S}.\text{cm}$.

A condutividade elétrica da água avaliada nesta pesquisa (Figura 15) indica a variação de valores entre o mínimo de $48,8 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$ e o máximo de $424,4 \mu\text{S}.\text{cm}^{-1}$.

Figura 15. Valores de condutividade elétrica e alcalinidade total em poços tubulares na região rural de Santa Rita



Fonte: dados da pesquisa

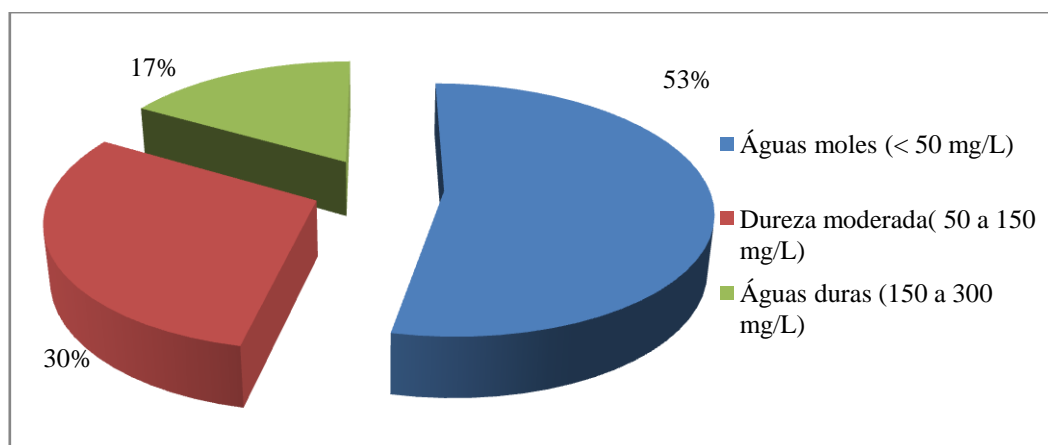
Os pontos P6 e P23 apresentaram elevados valores de condutividade elétrica. Isso é o resultado de sais minerais dissolvidos. Esses sais podem ser originados da lixiviação das rochas e da decomposição de matéria orgânica, e ser o resultado de contaminação do poço. A última explicação é mais provável, visto que a água provém do mesmo aquífero na região e a geologia é semelhante.

Corcovia e Celligoi (2012) em trabalho realizado na análise de qualidade de água de poços no município de Ibiporã, localizado na microrregião de Londrina, Norte paranaense, registraram valores de condutividade entre 31 e 391 $\mu\text{S. mL}^{-1}$, valores semelhantes ao desta pesquisa e os autores consideraram concentrações adequadas para o consumo humano. Valores semelhantes foram registrados em água de poços de um assentamento no Paraná (ABONÍZIO, 2017), que variaram de 241 a 394 $\mu\text{S. cm}^{-1}$.

Quanto à alcalinidade (Figura 15), os resultados demonstram que os pontos estão na faixa considerada normal, apresentando valores que variam de 3,9 a 248,9 mg. L^{-1} de CaCO_3 . A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg. L^{-1} de CaCO_3 (Brasil, 2006).

Em relação à dureza apresentada pelas águas analisadas (Figura 16) e utilizadas pelas comunidades, observa-se que de acordo com a classificação da literatura, estas podem ser classificadas com base nos valores encontrados, como águas moles em 53% dos pontos de coleta, água com dureza moderada em 30% das amostras, e águas duras em 17% dos pontos de coleta de água.

Figura 16. Dureza da água nos pontos de coleta em poços tubulares na região rural de Santa Rita



Fonte: dados da pesquisa

Segundo pesquisa de Castro et al. (2014), em análise de qualidade de água em 12 poços, no município de Benevides (PA) os valores de dureza variaram de 9,4 a 79,41, sendo todas

com exceção de um poço, que foi considerado água pouco dura, consideradas águas moles. As água dos poços de Santa Rita apresentaram dureza superior.

Além disso, vale ressaltar que os poços amostrados nesta pesquisa ofertam água bruta às comunidades usuárias, desse modo, não possui teor de cloro livre presente na água, sendo que a recomendação da Portaria de Potabilidade é que exista um teor de cloro livre no intervalo de 0,2 a 2,0 mg. L⁻¹ como forma de inibir a presença bacteriológica.

4.1.2 Segurança sanitária e controle de qualidade da água nos sistemas de abastecimento de água

Os resultados obtidos com a análise de água nas comunidades rurais de Santa Rita constatarem a presença de contaminação biológica na água ofertada nos sistemas comunitários de abastecimento, tornando-se necessário o desenvolvimento e implementação de ações de controle da qualidade química, física e microbiológica. Diante disso, é necessário minimizar as situações de risco que ameaçam a proteção do sistema e o controle de todo o processo de distribuição da água, de forma que não represente risco à saúde pública, e que a água seja aceitável pelos consumidores.

É, portanto, recomendado realizar-se uma avaliação do sistema de abastecimento, que envolve a sua descrição, a identificação e análise de perigos potenciais e riscos existentes, bem como a elaboração de medidas de controle dos pontos críticos.

Para tanto, buscou-se realizar uma descrição dos principais parâmetros de funcionamento do Sistema de Abastecimento da zona rural de Santa Rita, e criação de um banco de dados do sistema, a partir da coleta e ordenamento desses dados, para obter o conhecimento pormenorizado, verificando as principais fragilidades apresentadas para que o volume de informações produzidas possam ser organizadas e analisadas continuamente sob a perspectiva da avaliação de riscos à saúde (BRASIL, 2006).

O controle laboratorial, por si só, não é suficiente para atestar o atendimento ao padrão de potabilidade (BRASIL, 2012), uma vez que este apenas indica o estado momentâneo da água utilizada, sem inferir as causas das anormalidades detectadas.

Em contrapartida, a integridade da água para consumo humano deve ser garantida através do gerenciamento de sua qualidade, utilizando-se uma abordagem de boas práticas, que possibilitem prevenir o surgimento de perigos e riscos (BRASIL, 2006).

O desenvolvimento da compreensão específica acerca do funcionamento do abastecimento de água que atende a zona rural de Santa Rita é importante à medida que a

garantia da efetiva qualidade da água utilizada advém da proteção e controle do sistema através do levantamento de possíveis pontos de vulnerabilidade causadores de potencial risco de ocorrência e recorrência de contaminação.

Além disso, para garantia da qualidade da água torna-se necessário a execução de ações de avaliação e controle sanitário destes sistemas de abastecimento de água, por meio do registro das práticas desenvolvidas na sua operação, uma vez que as atividades de inspeção sanitária são importantes como instrumentos para avaliar e gerenciar os riscos, além de concretizar a implantação de boas práticas (BRASIL, 2006).

4.2 Estrutura física do abastecimento de água da zona rural de Santa Rita (PB)

Quando se considera o fornecimento de água para consumo humano na zona rural de Santa Rita depara-se com um elevado grau de incerteza e vulnerabilidade na oferta de água para consumo às comunidades existentes.

De acordo com o Plano Diretor do Município de Santa Rita elaborado no ano de 2006, em diagnóstico realizado por ocasião da elaboração deste plano de ordenamento, já era reconhecido de forma oficial a situação deficitária e intermitente da oferta e cobertura do abastecimento de água na zona rural do município - situação esta que é tratada nessa pesquisa - resultando em prejuízo para a qualidade de vida da população pela insuficiência do acesso à água para satisfazer as suas necessidades básicas, trazendo também prejuízos econômicos para os agricultores, uma vez que as atividades agrícolas e agropecuárias demandam uma grande oferta de água para a cultura irrigada. Foi constatado pela arquiteta e urbanista Maria Grasiela de Almeida Dantas, e pela engenheira civil Elisângela Araújo, que elaboraram o diagnóstico da realidade rural para o Plano Diretor (2006), em visitas *in loco* em diversas comunidades rurais, realizadas no dia 18 de julho de 2006, em conjunto com o Prefeito da cidade, e a coordenadora do Plano diretor, o que possibilitou a sistematização de algumas informações e a constatação dos principais problemas que acometiam a oferta de água nessa região, dentre as quais se destacam:

- ✓ Vazão de água deficitária e precária;
- ✓ Necessidade de reservação de água compatível com o consumo das comunidades;
- ✓ Não cumprimento do contrato para fornecimento de água para a zona rural pela Prestadora dos Serviços a Companhia de Água e Esgotos da Paraíba - CAGEPA;
- ✓ Inexistência de rede de distribuição em algumas ruas;
- ✓ Existência de vazamentos nas tubulações.

De acordo com o Plano Diretor (2006), com a impossibilidade do fornecimento de água para a zona rural nos mesmos moldes do que foi realizado na zona urbana da cidade, esta passou a ser realizada pelo próprio município em caráter provisório e emergencial.

Ao analisar o contexto atual, verifica-se que a situação do abastecimento de água nessas localidades rurais continua bastante precário e em alguns aspectos, como a qualidade da água, piorou bastante. De fato, com o crescimento da população rural e o surgimento de pequenos núcleos urbanos dentro destas áreas, aliado à falta de ordenamento do uso e ocupação do solo destes espaços tem ocasionado pressão sobre os pontos de captação. Adicionalmente a oferta de água tem diminuído bastante uma vez que os sistemas existentes não foram projetados levando em consideração uma possível necessidade de expansão.

Apesar de em grande parte a população possuir acesso domiciliar à água através de rede de distribuição ainda existem localidades que possuem ruas e domicílios sem cobertura de rede, sendo necessário o transporte diário de água pelos moradores até suas residências. Ressalta-se que, a água é ofertada a custo zero, ou seja, não é cobrada nenhuma espécie de tarifa do usuário dos serviços, ficando os custos de operação e manutenção dos serviços de abastecimento, totalmente a cargo do Poder Público Municipal. Além disso, a água é consumida de forma bruta, isto é, não é feito nenhum tipo de tratamento nas águas utilizadas pela população, sendo a mesma consumida, “*in natura*” das torneiras.

O Plano de Saneamento Básico de Santa Rita – PB (2018), confirma a que o distrito de Livramento e dos povoados rurais de Bebelândia, Cicerolândia, Lerolândia, Odilândia e Forte Velho são atendidos através de sistemas isolados (poços) operados pela Prefeitura Municipal. Esse mesmo modelo de operação estende-se também para as pequenas comunidades rurais não citadas no referido Plano.

Assim, o abastecimento comunitário de água das comunidades é feito através da exploração das águas do aquífero costeiro sedimentar Paraíba – Pernambuco (Barreiras), através de poços (conforme dados dispostos no Apêndice A), do tipo tubular, com diâmetros de 125 mm, revestimento feito com tubos geomecânicos ou de PVC, com profundidades que variam de 25 a 120 metros, utilizando conjuntos motor bomba do tipo submerso, movidos a eletricidade monofásica ou trifásica, que alimentam reservatórios com capacidade de armazenamento variando de 5.000 mil a 120.000 mil litros.

O recalque de água é feito por 20 horas por dia, dando um descanso de 4 horas ao conjunto de bombeamento, sendo que a água após chegar ao reservatório é distribuída via rede para os domicílios (Figura 17 A - D).

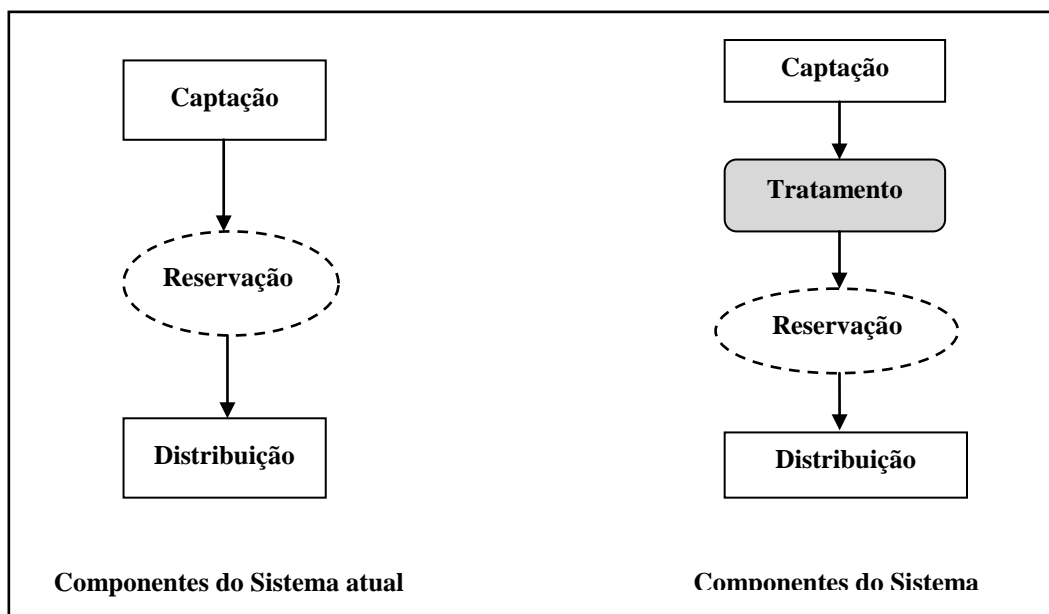
Figura 17 A- D. Reservatórios e poços para atendimento comunitário na zona rural de Santa Rita: A) Pitombeira II , B) Odilândia I , C) Bebelândia I , e D) Pitombeira III



Fotos: autora (2018).

Quanto ao sistema de produção, o diagrama de fluxo, ou fluxograma de produção, apresentado a seguir (Figura 18), objetiva demonstrar uma descrição simples dos componentes do sistema de abastecimento utilizado, desde a captação e recalque da água até a sua chegada na distribuição final.

Figura 18. Fluxograma do sistema de abastecimento de água atual na área rural do município de Santa Rita/PB e do sistema de abastecimento recomendado



Fonte: elaborado pela autora (2018).

Na figura 18 estão ilustradas as etapas atuais que compõem o sistema de abastecimento de água na zona rural de Santa Rita, em contraponto com as etapas que seriam desejáveis. Sugere-se assim, a adição da etapa de tratamento, uma vez que a desinfecção da água é essencial para a garantia da sua qualidade e a população usuária, em sua maioria, não realiza nenhum tipo de tratamento domiciliar da água utilizada para consumo segundo os dados coletados através de questionários aplicados juntos aos moradores das comunidades rurais do município.

A qualidade da água ofertada em Sistemas de Abastecimento é influenciada por diversos fatores, dentre eles, as condições de manutenção das estruturas e condições de proteção dos poços de captação. Um poço de água subterrânea operando sem o devido tamponamento, proteção sanitária do entorno ou construído fora das especificações técnicas ocasiona risco de contaminação das águas utilizadas para o abastecimento público.

4.3 Proteção sanitária dos poços de abastecimento e entorno da área de captação

Os problemas detectados podem influenciar diretamente na qualidade de água ofertada às comunidades rurais, uma vez que uma estrutura deteriorada constitui-se em porta de entrada para a proliferação de microorganismos patogênicos. Além disso, as condições de

proteção sanitária no entorno dos poços de água subterrânea são importantes como forma de minimizar os riscos de contaminação advindos de atividades do entorno.

Segundo Brasil (2006), as boas práticas na captação de água subterrânea, pressupõe que determinadas atividades não podem ser detectadas no entorno das fontes de captação, devendo as mesmas estar protegidas por cerca, limpas e sem acúmulo de lixo. Os dispositivos de captação, localizados em cota topográfica superior a possíveis fontes de poluição, como: de fossas secas, fossas negras, tanques sépticos, linhas de esgoto, depósitos de lixo, poços absorventes, estábulos ou currais.

Por isso, além das condições deficientes na estrutura dos sistemas de abastecimento (Apêndice B), observou-se que ao longo do tempo de implantação, existência e operação do sistema, inexistiram medidas de controle do uso do solo no entorno dos pontos de captação de água, o que ocasionou a ocupação sem observância do perímetro de proteção para construções, incluindo fossas, resultando num adensamento de edificações domiciliares na área direta de captação de água.

Segundo Oleaga et al. (2009), o planejamento e a organização de ações pontuais para proteção da captação de água subterrânea, possuem o objetivo de proteger zonas de captação, através da delimitação de áreas em que se restringem ou limitam certas atividades.

Quando considera-se a necessidade de proteção da área de captação de água subterrânea surge à necessidade da adoção de medidas como o controle do uso do solo e a regulamentação de atividades que possam gerar poluição (BARBOSA, 2008), essas medidas visam a segurança e protejam essas áreas de atividades que ofereçam risco de contaminação, além de assegurar eficiência de esforços e minimizar os custos de fiscalização.

Nesse sentido, a exemplo do que já acontece em alguns países, alguns estados brasileiros adotam em suas legislações o conceito de estabelecimento e delimitação de perímetros de proteção. Desse modo, os estados do Mato Grosso, Pernambuco, Rio Grande do Sul, São Paulo e o Distrito Federal já internalizam em seus ordenamentos jurídicos o cuidado com a proteção dos recursos subterrâneos. Os referidos estados adotam perímetros de proteção sanitária que vão de um raio de 3 a 30 metros de distância do ponto de captação.

Neste trabalho considerou-se a legislação do Distrito Federal que através do decreto Nº 22.358 de 31 de agosto de 2001 estabeleceu um raio de 30 metros como área de proteção sanitária de poços de exploração de água subterrânea, por ser essa a maior distância encontrada na legislação local brasileira para delimitação de áreas de proteção (Tabela 9):

Tabela 9. Ocorrências de atividades nos perímetros de proteção considerando um raio de 30 metros dos poços de abastecimento de água

LOCALIDADE	Edificações	Cemitério	Fossas	Acúmulo de lixo	Usos agrícolas e agropecuários	Escoamento de Esgotos	Aplicação de pesticidas
P1 Utinga	X	--	X	--	X	--	X
P2 Tororó	--	--	--	X	X	--	X
P3 Bebelândia I	X	--	X	--	--	X	--
P4 Bebelândia II	X	--	X	--	X	X	--
P5 Forte Velho	X	--	X	--	--	--	--
P6 Ribeira	X	--	X	--	--	X	--
P7 Livramento I	X	--	X	--	--	X	--
P8 Livramento II	--	--	--	--	X	--	--
P9 Livramento III	X	X	X	--	X	X	X
P10 Livramento IV	X	--	X	--	X	--	X
P11 Lerolândia I	X	--	X	--	--	--	--
P12 Lerolândia II	X	--	X	--	--	--	--
P13 Lerolândia III	--	--	--	--	--	--	--
P14 Lerolândia IV	X	--	X	--	--	--	--
P15 Fazenda Planalto	X	--	--	--	--	X	--
P16 Pitombeira I	X	--	X	--	--	--	--
P17 Pitombeira II	--	--	--	--	X	--	X
P18 Pitombeira III	X	--	X	--	--	--	--
P19 Piripiri	X	--	X	--	--	X	--
P20 Agroval I	X	--	X	--	--	--	--
P21 Agroval II	X	--	X	--	--	--	--
P22 Agroval III	--	--	X	--	--	--	--
P23 Usina São João	X	--	X	--	X	--	X
P24 Odilândia I	X	--	X	--	--	X	--
P25 Odilândia II	X	--	--	--	--	X	--
P26 Odilândia III	X	--	X	--	--	X	--
P27 Cicerolândia I	X	--	X	--	--	--	--
P28 Cicerolândia II	X	--	X	--	--	--	--
P29 Cicerolândia III	X	--	--	--	--	X	--
P30 Águas Turvas	X	--	X	--	--	--	--

Fonte: dados da pesquisa.

Os perigos detectados no entorno da captação de águas são: o escoamento de esgotos domiciliares e acúmulo de resíduos lançados no entorno da captação (Figura 19), poços e reservatórios abertos (Figura 20), existência de cemitérios e estábulos (Figura 21).

Figura 19. (a) Escoamento de esgotos – Bebelândia II e b) acúmulo de lixo - Tororó



Fotos: autora (2018).

Figura 20. a) Poço aberto – Odilândia I e b) reservatório sem tampa de proteção – Pitombeira II



Fotos: autora (2018).

Figura 21. a) Presença de cemitério – Livramento III e b) presença de estábulos - Tororó



Fotos: autora (2018).

As fotos apresentadas anteriormente evidenciam que não foram tomadas as devidas medidas para garantir a proteção sanitária e a segurança na área de captação direta dos poços utilizados como mananciais de abastecimento das comunidades rurais estudadas. Havendo, como demonstrado, o desenvolvimento de inúmeras atividades incompatíveis em torno destes pontos de captação.

Além disso, é necessário adotar medidas operacionais de proteção sanitária tais como: isolamento do perímetro de captação e conjuntos motor-bomba, de maneira que se garanta sua integridade e proteção contra a presença de animais ou pessoas não autorizadas; tamponamento de poços e reservatórios de forma a evitar a intrusão nestes de água contaminada proveniente de chuvas e enxurradas; deslocamento de poços para áreas mais protegidas ou adequação de áreas no entorno.

4.4 Caracterização social, econômica e ambiental da população, dos domicílios rurais e a percepção dos moradores

Diante da necessidade de um melhor planejamento e gestão dos serviços de abastecimento de água ofertados às comunidades rurais de Santa Rita, e sabendo que é por meio de uma percepção interdisciplinar dos fatos que a sociedade contemporânea visualiza a sua realidade (BARROS, [s.d.] *apud* RODRIGUES *et al.* 2012), foi realizada uma pesquisa de percepção junto aos moradores da zona rural do município.

Esta pesquisa teve o objetivo de obter uma melhor leitura da realidade local – através da ótica dos usuários – observando quais as formas de interação entre sociedade e meio ambiente, além de buscar entender como os sujeitos sociais se inserem no contexto apresentado, como se caracterizam, como estes usam e descartam os seus resíduos e como estes afetamos recursos hídricos, quais problemas de acesso à água e saneamento enfrentados e a percepção de risco de contaminação ambiental apresentada.

4.4.1 Caracterização socioeconômica dos usuários entrevistados

Para se compreender como se caracterizam os usuários do sistema de abastecimento da zona rural de Santa Rita quanto aos aspectos sociais e econômicos a presente pesquisa abordou as questões dispostas na Tabela 10.

Tabela 10. Características sociais e econômicas da população rural de Santa Rita segundo percentual do número de entrevistados

Sexo (%)		Participante de programa social (%)	
Feminino	57	Sim	40
Masculino	43	Não	60
Escolaridade (%)		Idade (%)	
Sem escolaridade	18	15 a 30 anos	20
Primário	32	31 a 40 anos	26
Fundamental	29	41 a 50 anos	24
Médio	16	51 a 70 anos	25
Superior	05	>70 anos	05
Profissão (%)		Renda domiciliar (%)	
Estudante	05	< 1 salário mínimo	08
Dona de casa	34	1 salário mínimo	56
Profissional	61	2 salários mínimos	22
		3 salários mínimos	10
		3 + salários mínimos	04

Fonte: dados da pesquisa.

Do total de entrevistados, 57% são do sexo feminino e 43% do sexo masculino, isso se deve ao fato de que culturalmente a mulher é a responsável pela administração do domicílio familiar, assim encontravam-se mais facilmente presentes no domicílio no momento da entrevista.

Para, além disso, Freitas e Bosco (2018), ao abordar as questões de gênero e acesso ao saneamento na discussão levantada pelo recente relatório do Instituto Trata Brasil, produzido com a BRK Ambiental, que carrega o intitulo “O Saneamento e a Vida da Mulher Brasileira”, o qual foi dirigido pela Exante Consultoria, apontou a proporção de uma em cada quatro mulheres que não detêm acesso apropriado ao abastecimento de água e esgotamento sanitário. Por outro lado, esse acesso tiraria instantaneamente 635 mil mulheres da situação de pobreza. Assim, essa insuficiência compromete a produtividade dessas mulheres na área econômica, na saúde, educação, renda e bem-estar.

Quanto à idade, a maior frequência ocorreu entre 30 e 70 anos (51%), e com maior incidência de escolaridade nos níveis iniciais do primário (32%) e fundamental (29%). Essa baixa escolaridade influencia a compreensão sobre assuntos mais complexos e revela-se na falta de conhecimento sobre os riscos à saúde da ingestão de água não tratada.

Quanto ao aspecto econômico, possuem emprego e renda 61%, alguns são exclusivamente donas de casa (34%) e estudantes (5%). No entanto, as famílias são predominantemente de baixa renda (96%) com rendimento familiar que varia até 3 salários mínimos, sendo apresentados rendimentos principalmente de 01 salário mínimo (56%), 02 salários (22%), 03 salários (10%), mais de 03 salários (4%) e ainda com rendar familiar menor que 01 salário mínimo (8%). Quanto à transferência de renda representada pelos programas sociais¹, 60% declaram não participar de nenhum programa, enquanto 40% declaram participar.

Sem dúvidas a educação e a renda são fatores importantes na determinação do acesso à água. Diante disso, Reymão (2009) destacou as relações entre pobreza, isto é, insuficiência de renda, e meio ambiente. Assim, a situação de pobreza é agravada pela escassez dos recursos naturais sendo imperativo, no contexto estudado, conciliar a demanda crescente com a oferta de água potável em declínio. O mesmo autor destaca a ligação diretamente proporcional entre educação, renda e situação da residência (se urbana ou rural) na efetividade do acesso à água domiciliar. Sendo que de acordo com este autor, a renda exerce um efeito menos determinante no acesso à água do que a educação e a situação dos domicílios.

¹Os programas sociais são iniciativas do Governo Federal de transferência de renda para a população em situação de pobreza e extrema pobreza. Para inclusão e seleção das famílias normalmente utilizam-se como base o Cadastro Único (CadÚnico), que é um conjunto de informações sobre as famílias brasileiras em estado de vulnerabilidade social. Dentre esses programas destacam-se: Programa Bolsa Família, Programa Brasil Carinhoso, Tarifa Social de Energia Elétrica, entre outros.

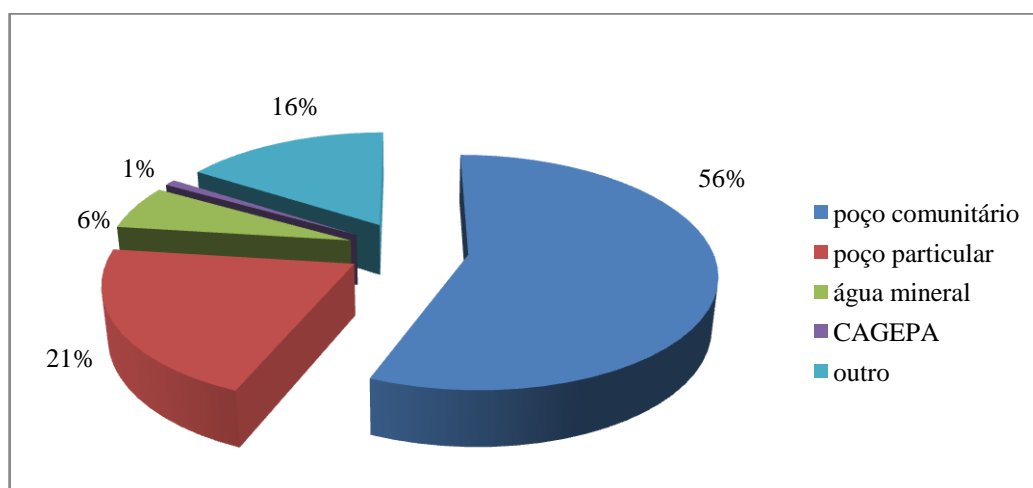
Do ponto de vista econômico a oferta de serviços de saneamento está condicionada à capacidade de pagamento dos usuários, o que determina também a sustentabilidade da operação do sistema de abastecimento, pode-se observar que a população rural de Santa Rita, possui pequena capacidade econômica o que explica a relutância- detectada através de conversas informais com os mesmos - em aceitar a adesão aos serviços públicos, e tarifados, de saneamento básico.

Por outro lado, a inexistência de tarifação do fornecimento de água induz ao desperdício, o que pode ser constatado em diversos relatos dos próprios moradores. Estes afirmam presenciar inúmeros casos de perdas de água por vazamento domiciliar de caixas de água, enchimento de piscinas particulares e ocorrência de tubulações danificadas, além disso, pela utilização da água para o desenvolvimento de atividades agrícolas e agropecuárias como irrigação de lavouras e criação de animais, impedindo que a água chegue igualmente para todos.

4.4.2 Condições sanitárias dos domicílios

Quanto à proveniência da água consumida nas residências rurais do município de Santa Rita, a Figura 22, demonstra as principais fontes utilizadas pelas comunidades:

Figura 22. Proveniência da água de consumo humano utilizado nas residências na área rural de Santa Rita (PB)



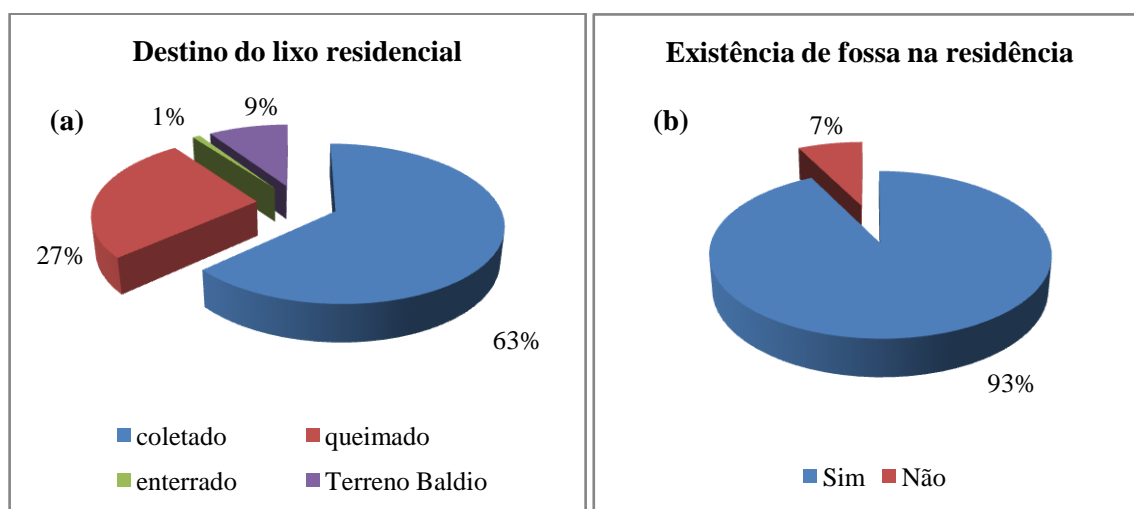
Fonte: dados da pesquisa.

Segundo resposta dos entrevistados, o uso predominantemente da água é advinda dos poços subterrâneos (77%) sejam eles de caráter comunitário (56%) ou particular (21%),

constituindo-se esta a solução majoritariamente adotada para a provisão de água nos domicílios rurais, aqueles que detêm maior poder econômico utilizam-se de água mineral (6%) para beber. Alguns fazem uso de outras fontes de água, como rios, nascentes e cacimbas (16%) para o consumo humano. Destaca-se ainda em comunidades mais próximas do perímetro urbano o deslocamento em busca da água fornecida pela CAGEPA (1%).

Em algumas localidades existe o conhecimento ou a desconfiança por parte da população da incidência de contaminação biológica da água ofertada. Isso aliado ao fato dessa apresentar gosto desagradável, justifica a procura por outras fontes de água para consumo, que mesmo possuindo sabor mais agradável estão mais vulneráveis à ação de contaminantes do ambiente. Outro aspecto que foi investigado em relação à situação sanitária dos domicílios foi o destino do lixo produzido nas residências e a existência de fossa na residência para o tratamento ou deposição individual das águas negras domiciliares (Figura 23).

Figura 23. Condições sanitárias dos domicílios rurais de Santa Rita quanto a: a) destino do lixo residencial e b) existência de fossa na residência



Fonte: dados da pesquisa.

Quando perguntados sobre o destino do lixo residencial, a maioria (63%) referiu que o mesmo é coletado. No entanto, a proporção de lixo queimado (27%) ou lançado em terreno baldio (9%) e enterrado (1%), perfazem juntos um percentual considerável de lixo sem disposição adequada (37%). O mesmo cenário foi verificado por Abonízio(2017), em um assentamento no Paraná, no qual 52% de resíduos sólidos são queimados, 10% enterrados e o restante tem outros destinos.

Quanto à queima do lixo residencial, pode-se afirmar que esta prática se enquadra como um tipo de poluição do ar, uma vez que gera problemas ambientais, tais como, a

emissão de poluentes atmosféricos, na forma de gases e de partículas. Dessa forma é proibido pela Lei de Crimes Ambientais, Nº 9.605 de 1998, em seu artigo 54.

A presente pesquisa também identificou a existência de fossa (Figura 23 b), em grande parte das residências (93%), entretanto também identificou uma parcela da população que não possui nenhum tipo de tratamento para as águas negras domiciliares (7%). Essas fossas são fossas negras, visto que não enchem. No mesmo estudo citado anteriormente Abonízio (2017), observou que 73% das fossas presentes na sua área de estudo eram fossas negras, 18% de fossas sépticas e 8 % de fossas verdes.

As condições sanitárias dos domicílios rurais influenciam diretamente na qualidade de água, principalmente pela incidência de residências no entorno da captação de água. Essas residências produzem efluentes das atividades domésticas, o que segundo Dowbor (2005), se constitui nos responsáveis pela maior parcela de carga orgânica presente nas águas, além de resíduos domiciliares, o que se constitui em possíveis focos de poluição difusa do lençol freático subterrâneo, uma vez que, as fossas das residências são vazadas em baixo, permitindo a infiltração de efluentes no solo. Se por outro lado fossem impermeabilizadas estas não representariam risco de contaminação. Assim, a existência de saneamento básico rural é fator primordial para a preservação da sanidade local do ambiente.

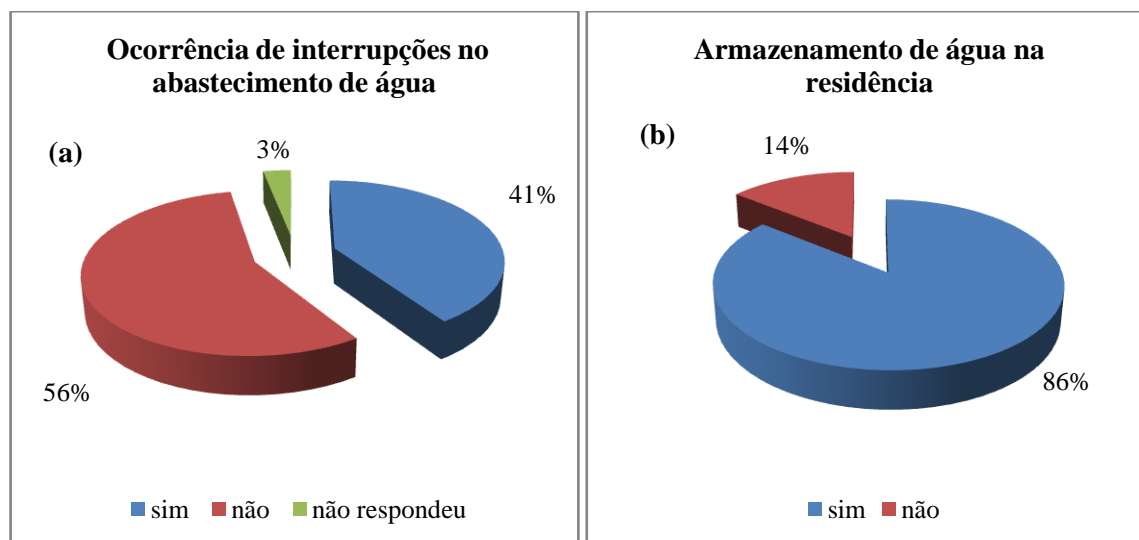
4.4.3 O acesso à água

A disponibilidade de água para as atividades domésticas nas residências é um parâmetro importante para medir a fragilidade e risco à saúde das populações, uma vez que, a quantidade de água disponível interfere diretamente nas condições de higiene e saúde.

Segundo diretrizes do Plano Nacional do Saneamento Básico (PLANSAB), é considerado como atendimento adequado o abastecimento de água que garante o seu fornecimento ininterrupto diário de água- no caso de moradias rurais através de poço, nascente ou cisterna -, com existência de canalização interna.

Dada a fragilidade de oferta de água detectada nas comunidades rurais estudadas buscou-se averiguar as condições do acesso à água através da ocorrência de interrupções no abastecimento de água e de qual o mecanismo utilizado pela população para enfrentar os períodos de intermitência nos serviços. Dessa forma, constatou-se a existência da prática do armazenamento domiciliar de água (Figura 24).

Figura 24. Acesso à água nas comunidades rurais de Santa Rita: a) interrupções de água na comunidade e b) armazenamento de água na residência



Fonte: dados da pesquisa.

De acordo com as figuras, 56% dos entrevistados relatam não haver interrupções no fornecimento de água, em contraposição a 41% que afirmam não haver regularidade no seu fornecimento, enquanto 3% não responderam. Segundo Freitas e Bosco(2018), o fornecimento intermitente de água, equipara-se à própria falta de acesso, dada a sua capacidade de prejudicar as populações, uma vez que a privação dessa, mesmo temporária, impacta diretamente à saúde. Quando perguntados sobre o armazenamento domiciliar de água, 86% declaram armazenar água em casa, como meio de garantir a continuidade do seu abastecimento domiciliar, apesar de 14% não tomar nenhum tipo de medida nesse sentido. Esta discrepância nas respostas em relação à intermitência da distribuição de água, é porque as residências que têm caixas de água, não percebem o interrompimento no serviço. As respostas aos questionamentos apresentados acima comprovam que apesar de receberem água nas torneiras apenas 02 (duas) vezes por dia, a população das comunidades rurais demonstram estar bastante acostumados à realidade existente. Seja por fazerem uso de poços particulares, cacimbas, cisternas e outras fontes, por demonstrar naturalidade em face de intermitência constante na oferta de água, ou mesmo por se valer de alternativas como o armazenamento de água no domicílio para enfrentar a incerteza apresentada na oferta de água.

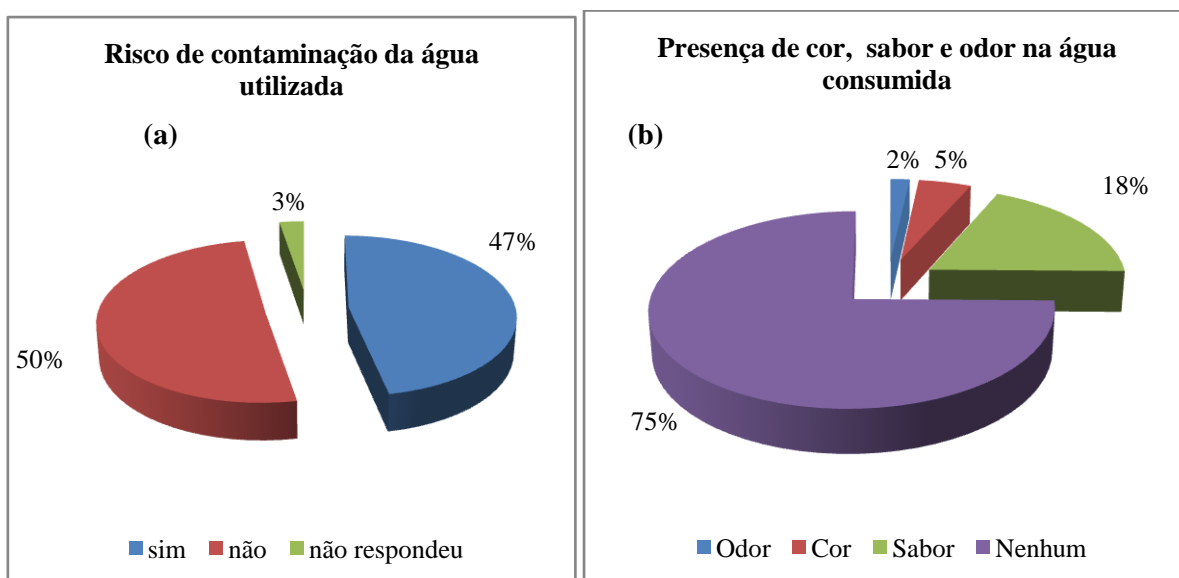
Por outro lado, dependendo da forma como é realizado o armazenamento domiciliar de água e os modos de higienização dos reservatórios - que vão desde a utilização de caixas de água, tambores, garrações e baldes - estes também podem se constituir em focos de

contaminação da água de consumo utilizada nas residências, devendo, portanto, ser alvo de campanhas de educação ambiental e vigilância em saúde.

4.4.4 Percepção dos moradores em relação à qualidade da água utilizada

Em relação à qualidade apresentada pela água consumida, foi investigada a percepção dos moradores em diversas comunidades da zona rural de Santa Rita (Figura 25). Para isso, foram feitas perguntas sobre a existência da incidência ou risco de contaminação da água utilizada para beber, proveniente dos poços de água subterrânea, assim como, se a água consumida possuía alguma característica relacionada à presença de cor, sabor ou odor.

Figura 25. Percepção da qualidade de água utilizada nas comunidades rurais: a) risco de contaminação e b) presença de cor, sabor e odor na água consumida



Fonte: dados da pesquisa.

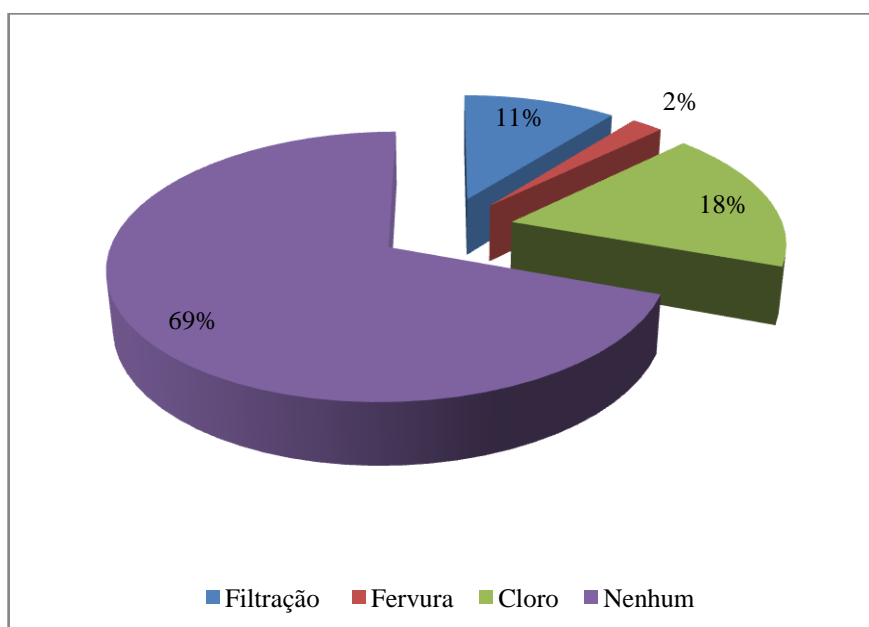
Quando perguntados sobre o risco de contaminação da água utilizada (Figura 25a) obteve-se que 50% da população entrevistada não percebe nenhum risco. Quando afirmam isto, os entrevistados alegam que a água consumida não se apresenta com nenhum problema aparente que justifique a desconfiança quanto à sua integridade. Entretanto, 47% dos entrevistados declaram haver perigo de comprometimento dos poços, e apontam como principal fator a existência de fossas no entorno da área de captação de água, o que é responsável por parte da população rejeitar as fontes de água comunitárias existentes e

buscarem água de fontes distantes, porém com água aparentemente mais segura. Além disso, 3% dos entrevistados não responderam (ou não soube responder) ao questionamento.

Quando perguntados sobre a presença de cor, sabor e odor na água consumida (Figura 25b) obteve-se que 75% dos entrevistados relataram não perceber nenhuma característica de cor, odor ou sabor na água consumida, entretanto 18% relataram presença de sabor, 5% presença de cor e 2% presença de odor.

De forma mais abrangente, após explicar a diferença entre o consumo de água bruta e de água tratada e os riscos que o consumo de água bruta poderia ocasionar à saúde, foi perguntado se era utilizado algum tipo de tratamento domiciliar da água consumida (Figura 26).

Figura 26. Tipo de tratamento domiciliar de água utilizado



Fonte: dados da pesquisa.

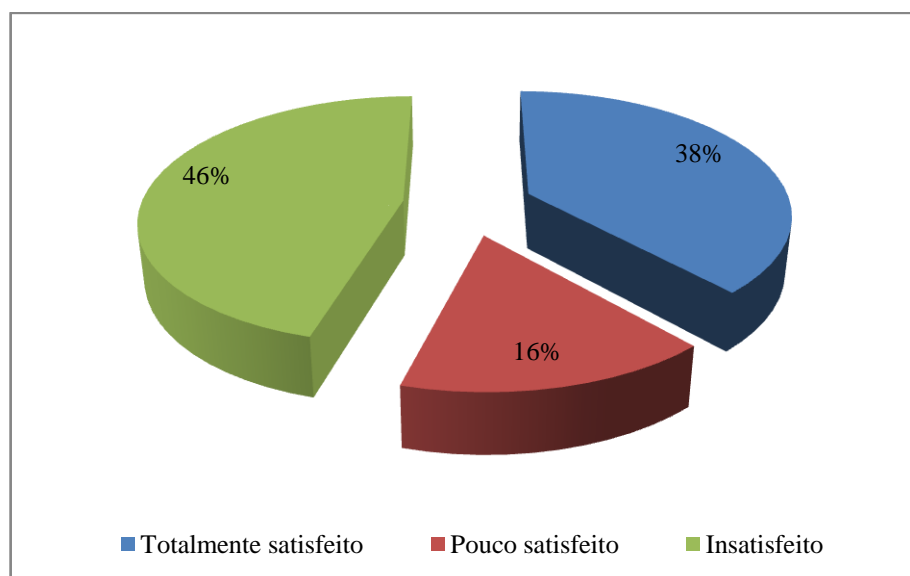
Quando indagados sobre a existência de tratamento domiciliar da água utilizada e solicitados a relacionar as alternativas possíveis para o tratamento, obteve-se que 69% declara não realizar nenhum tipo de tratamento na água utilizada para consumo. Enquanto, 31% dos questionados declara fazer algum tipo de tratamento domiciliar de água de consumo, sendo utilizado como método mais frequente o uso do cloro (18%), seguido de filtração (11%) ou fervura (2%).

Segundo relatos de moradores o percentual de usuários que utiliza cloro para tratamento domiciliar de água deve-se à atuação direta dos agentes de saúde locais, bem como da disponibilização de hipoclorito de sódio nas Unidades de Atendimento de Saúde Familiar –

UFS. Isso demonstra a importância de ações articuladas de educação ambiental no âmbito da vigilância ambiental em saúde, apesar de que, os dados demonstram que ainda precisam ser efetuar ações de educação ambiental mais eficazes e mais abrangentes no local de estudo.

Também foi questionado aos entrevistados quanto à satisfação com a situação geral com o abastecimento de água nas comunidades (Figura 27).

Figura 27. Grau de satisfação com o abastecimento de água na comunidade



Fonte: dados da pesquisa.

A maioria dos entrevistados alegou não estar satisfeito (46%), declaram-se totalmente satisfeitos (38%) e 16% declaram-se pouco satisfeitos, havendo no total um grau de satisfação de 54%.

Os presentes resultados permitem vislumbrar os anseios e necessidades da população e como esta vivencia e reage à realidade local do abastecimento de água. A partir dessas premissas podem-se planejar intervenções que objetivem minimizar e corrigir as deficiências detectadas, de forma a se propiciar uma melhor qualidade de vida para a população destas comunidades inseridas na área de estudo.

4.5 Propostas de melhoria para o fornecimento de água de melhor qualidade

Verificou-se que o principal impacto à qualidade de água foi a presença de coliformes fecais, oriundos de contaminação por esgoto doméstico, visto que não se verificaram valores dos parâmetros físicos e químicos em desconformidade com a legislação, salienta-se que não foram realizadas análises de agrotóxicos, que podem também ser um risco, visto que as principais atividades agrárias realizadas na área de estudo são o plantio de cana de açúcar e de

abacaxi e ambas utilizadoras de agrotóxicos. O fato é que na maioria dos pontos de coleta pesquisados existe relação entre as atividades realizadas em torno dessas e a qualidade de água apresentada (Tabela 11).

Tabela 11. Relação entre principais ocorrências de atividades e presença bacteriológica nos poços de abastecimento

Localidade		Principais ocorrências de atividades no entorno dos poços			Presença bacteriológica na água	
		Edificações	Fossas	Escoamento de Esgotos	Coliformes totais*	Coliformes termotolerantes
P1	Utinga	X	X	--	70	7
P2	Tororó	--	--	--	-	-
P3	Bebelândia I	X	X	X	2	2
P4	Bebelândia II	X	X	X	-	-
P5	Forte Velho	X	--	X	13	13
P6	Ribeira	X	X	X	13	13
P7	Livramento I	X	X	--	63	33
P8	Livramento II	--	--	--	-	-
P9	Livramento III	X	X	X	5	2
P10	Livramento IV	X	--	X	70	27
P11	Lerolândia I	X	X	X	2	2
P12	Lerolândia II	X	--	X	2	2
P13	Lerolândia III	--	--	--	-	-
P14	Lerolândia IV	X	X	--	240	22
P15	Fazenda Planalto	--	--	X	16	34
P16	Pitombeira I	X	--	X	13	5
P17	Pitombeira II	--	--	--	-	-
P18	Pitombeira III	X	X	X	>24000	>24000
P19	Piripiri	X	-	X	2	2
P20	Agroval I	X	--	X	2	2
P21	Agroval II	X	X	X	>24000	>24000
P22	Agroval III	--	--	--	2	2
P23	Usina São João	X	X	X	1600	>350
P24	Odilândia I	X	X	X	8	2
P25	Odilândia II	--	X	X	2	2
P26	Odilândia III	X	X	X	-	-
P27	Cicerolândia I	X	--	X	240	22
P28	Cicerolândia II	X	--	X	2	2
P29	Cicerolândia III	--	X	X	2	2
P30	Águas Turvas	X	X	--	12	2

*NMP = número mais provável em amostra de 100 ml

Fonte: dados da pesquisa

A relação entre o uso e ocupação do entorno e a qualidade da água se verifica em todos os pontos apresentando, entretanto, algumas exceções:

- ✓ Os pontos P4 e P26 apresentam ocorrência de atividades incompatíveis na área direta de captação de água dos poços, apesar disso não foi detectada presença bacteriológica na água, o que pode estar relacionado com o pequeno tempo de construção e/ou profundidade do poço;
- ✓ Os pontos P4, P5, P6, P21 e P23 apresentaram valores elevados de Condutividade elétrica, o que revela presença de matéria orgânica ou nutrientes que alcançam os poços. Os Poços P21 e P23, junto com o P18 apresentaram elevadas concentrações de coliformes totais, o que revela contaminação por esgotos. Todos têm em comum a presença de edificações, fossas e escoamento de esgoto a céu aberto.

Ao falar sobre a conexão entre uso da terra e qualidade da água subterrânea Menezes (2014), descreveu a influência que a área construída, pastos, solo desnudo e vegetação intermediária possuem sobre a qualidade da água subterrânea considerando, entre outros, a presença de coliformes. Parron et al.(2010) avaliaram a variação espacial da qualidade da água subterrânea em função do uso da terra para diferentes tipos de coberturas vegetais e concluíram que as variações nas concentrações dos parâmetros apresentados na água podem ser utilizados como indicadores ambientais de mudanças no uso do solo.

Nesse sentido, na área de estudo as principais ocorrências de atividades a uma distância de até 30 metros da área de captação de águas subterrâneas, consistem em: edificações, cemitérios, fossas, acúmulo de lixo, usos agrícolas e agropecuários, escoamento de esgotos e aplicação de pesticidas. Especificamente por tratar-se de águas destinadas ao abastecimento humano, é necessário promoverem-se ações que garantam a proteção pontual da água no município de Santa Rita, por meio do estabelecimento de pontos de controle na área direta de captação de água subterrânea.

Uma forma adequada de resolver o problema da contaminação por esgotos é a construção de fossas ecológicas, tipo tanque de evapotranspiração e círculos de bananeiras (Figura 28). A primeira é para águas negras (oriundas do vaso sanitário) e impede a contaminação de águas subterrâneas e a segunda a contaminação de águas superficiais. Com a construção de fossas ecológicas, Marinho et al. (2018), conseguiram diminuir em cerca de 96,4% as concentrações de fósforo em um poço de 30m, e 79,1% as concentrações de nitrato em um poço de 12 m, após a construção de um tanque de evapotranspiração (Fig. 29).

Figura 28. A - Esquema de um tanque de evapotranspiração; B – Fossa tanque de evapotranspiração construída em João Pessoa

A



B

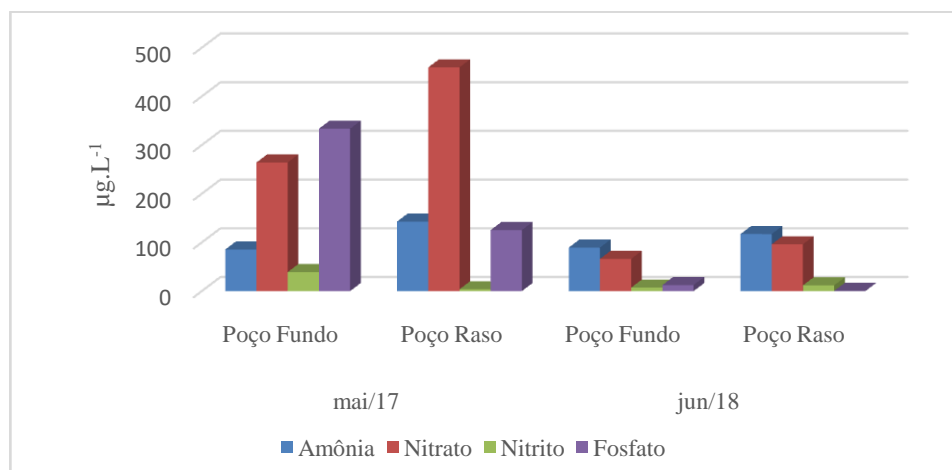


Fonte: A - <https://permaforum.wordpress.com/2017/10/30/tanque-de-evapotranspiracao-tevapbet/>; B – Marinho (2018)

Esses nutrientes eram oriundos da contaminação de uma fossa vazada, presente na casa antes da fossa ecológica ser construída, logo a contaminação por coliformes fecais, embora não tenha sido analisada, também deve ser contida com o tanque de evapotranspiração. Dessa forma, a disseminação de fossas do tipo Tanques de Evapotranspiração pode ser uma solução viável e de baixo custo, para conter a contaminação química e bacteriológica verificada na água dos poços na zona rural de Santa Rita. A Figura 29 mostra a diferença de nutrientes em um poço de 12 m e outro de 30 m de profundidade, apenas num período de um ano. É possível que se forem adotadas estas fossas na zona rural

de Santa Rita, a água do lençol freático seja melhorada até em menos tempo, visto que o estudo de Marinho (2018) não apresentou dados anteriores.

Figura 29. Diminuição de concentração de nutrientes em poço profundo (30 m) e raso (12 m) antes (maio/2017) e após (jun/2018) a construção de um tanque de evapotranspiração



Fonte: Marinho et al. (2018).

Além do Tanque de Evapotranspiração reduzir a contaminação de água subterrâneas, eles servem como sistemas de produção de alimentos, incluindo sempre as bananeiras que por apresentarem elevadas taxas de absorção e evapotranspiração, evitam que as fossas encham e transformam a água do esgoto em água pura evapotranspirada para a atmosfera.

Águas subterrâneas com a presença de coliformes totais e fecais não ocorrem apenas no município de Santa Rita, atualmente depara-se com problemas relacionados com a qualidade de água ameaçada pelo despejo de águas residuárias provenientes dos domicílios, que possuem em sua composição “excretas humanas (microorganismos patogênicos), nutrientes e matéria orgânica. Além disso, podem também conter poluentes emergentes (por exemplo, fármacos, drogas e endócrinos disruptores)” (WWAP, 2017, pág.39).

De fato, a ausência de saneamento básico adequado, com a incidência de esgotos escoando a céu aberto e a utilização de fossas negras ou rudimentares nos domicílios, tem sido apontado como dos principais vetores de riscos de contaminação às águas subterrâneas, essa temática tem estado presente e tem sido alvo de diversos estudos (ROCHA et al., 2006; CORCÓVIA; CELLIGOI, 2012; COSTA et al., 2012; MENEZES et al., 2013; SILVA, 2014), que estão sendo executados com o objetivo de apontar a sua influência na qualidade de água.

É necessário controlar o problema por meio da adoção e difusão de tecnologias acessíveis e de baixo custo, como a construção de fossas ecológicas, tipo tanque de evapotranspiração e círculos de bananeiras conhecidas como tecnologias socioambientais.

Apesar de não se detectar – do ponto de vista sanitário-alterações físicas e químicas (compostos nitrogenados e fosfatados não foram analisados), a análise da água utilizada para abastecimento da zona rural de Santa Rita (PB), apresentou a incidência de coliformes fecais em grande parte dos pontos pesquisados, estando em desacordo com o que normatiza o padrão de potabilidade explicitado pela portaria de consolidação nº 5, anexo 10, do Ministério da Saúde.

A presença de contaminação bacteriológica na água de consumo utilizado é reflexo de inúmeros fatores, dentre os quais podem-se destacar:

- ✓ A falta de políticas de proteção e controle do uso e ocupação do solo, no entorno da área de captação direta dos poços subterrâneos. Isso ocasiona a presença de atividades que ameaçam as fontes de abastecimento, aliadas ao fato de tratar de poços sem critérios construtivos, que sofrem por isso influência de todas as atividades desenvolvidas ao redor;
- ✓ Da mesma forma, o grau de vulnerabilidade apresentado no armazenamento e distribuição da água oferece risco de contaminação pela ocorrência de deterioração física nos reservatórios;
- ✓ O fator econômico social tem grande parcela de contribuição para esse cenário, uma vez que, a inexistência de tarifação para oferta da água impossibilita o poder público de promover as melhorias adequadas à adequação da estrutura física, tomando como base os critérios técnicos e adoção de tratamento que, embora simplificado, exige certo grau de investimento inicial e em longo prazo. Isso tornaria a delegação da prestação dos serviços - que ora acontecem de forma *humanitária* pelo Poder Público Municipal-à empresa pública ou privada uma das alternativas. Porém, essa solução ainda encontra resistência entre os moradores das comunidades pelo pequeno poder econômico que estes possuem;
- ✓ Por outro lado, a cobrança por si só não resolve o problema, visto que a contaminação do lençol freático continuaria, sendo essencial travar essa contaminação tornando as fossas mais adequadas;
- ✓ Quanto à situação estrutural do sistema de abastecimento da zona rural de Santa Rita, verificou-se que o mesmo se encontra operando em condições precárias, necessitando da adoção, tanto de medidas de reestruturação física e controle operacional, quanto de adequação sanitária e monitoramento ambiental (Apêndice B).

Diante disso propõe-se:

- ✓ A soma de esforços no sentido de se promover a conscientização da necessidade de se implementarem medidas corretivas que possibilitem o controle e monitoramento da água ofertada a essas populações rurais. Sendo, o papel dos órgãos de saúde pública imprescindíveis, uma vez que, a estes é atribuída a responsabilidade da adoção de ações de vigilância sanitária e ambiental que garantam a potabilidade da água ofertada à população.
- ✓ A instalação da etapa de desinfecção e filtração em todos os pontos de oferta comunitária de água subterrânea de forma a garantir o percentual de cloro livre exigido pela Portaria de Consolidação N° 5 – anexo XX do MS, combatendo a presença microbiológica na água consumida.
- ✓ A adoção de práticas de educação ambiental e intensificação da atuação dos agentes comunitários de saúde, de forma a incentivar e esclarecer a população sobre a necessidade da adoção do uso do hipoclorito de sódio, já disponível nas Unidades de Saúde da Família (USF), para tratamento domiciliar da água consumida incluindo as provenientes de rios, cacimbas e cacimbões ainda bastante utilizados na zona rural.
- ✓ De igual forma, a adoção de rotinas de manutenção preventiva como limpeza sistemática de poços e reservatórios devem ser seguidos e exigidos dos prestadores de serviços e/ou empresas concessionárias dos serviços. Além disso, o tamponamento de poços e reservatórios é imprescindível para garantia da oferta de água sanitariamente segura.
- ✓ O desenvolvimento de políticas de proteção do uso do solo de forma que na área de captação de água não exista o escoamento de esgotos e/ou acúmulo de lixo. Uma vez que verificou-se através das entrevistas que a falta de alternativas para a disposição adequada do lixo é um problema sério na zona rural de Santa Rita levando os moradores a disporem seus resíduos em áreas inadequadas. De fato, quando acumulado próximo à área de captação de água, o lixo acarreta ameaças à qualidade de água utilizada. Deve-se, portanto equacionar esse problema por meio da oferta de serviços de coleta de resíduos e da conscientização da população quanto à necessidade da prática da disposição correta dos resíduos.
- ✓ Quanto aos poços, onde há a incidência de atividades agropecuárias e inadequadas, como é o caso dos cemitérios, o Poder Público deve implementar ações de relocação dos poços para locais mais apropriados e seguros.
- ✓ Além disso, deve-se proceder à retirada ou substituição das fossas existentes em torno ou a adoção de formas de mais apropriadas de disposição dos dejetos como as fossas

sépticas ou os tanques de evapotranspiração (TEvap), sendo estes últimos tecnologias sociais de baixo custo apropriados para a realidade social e econômica das comunidades rurais.

- ✓ Do mesmo modo, aconselha-se a elaboração e implementação do Plano de Segurança das Águas (PSA), de acordo com o que preconiza a Portaria de Consolidação N° 5 – anexo XX, do MS com metodologia desenvolvida pelo Ministério da Saúde e baseada na utilização de ferramentas de avaliação e gerenciamento de riscos propostas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), que engloba todas as etapas do fornecimento de água, desde a captação até o consumidor.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dada a necessidade de soluções rápidas, eficientes e de baixo custo que atendam populações menos favorecidas, como os moradores da zona rural dos municípios, tem-se recorrido ao uso da água subterrânea. Esta ganha destaque por ser capaz de assegurar com regularidade em curto e longo prazo, suprimento de água a populações de cidades inteiras.

Essa exploração, porém, ainda é realizada sem critérios técnicos e o respectivo cuidado em estabelecer mecanismos que garantam a proteção de regiões vulneráveis à ação antrópica. É necessário que se implementem mecanismos de controle de atividades em áreas de exploração de água subterrânea para garantia e defesa de sua qualidade.

É também relevante levar essas informações de volta às comunidades dentro da área de desenvolvimento desta pesquisa de maneira a discutir com elas estratégias de controle dos impactos ocasionados pelo uso do solo e detectados através deste estudo. Assim como, promover um melhor entendimento relativo à necessidade de tratamento domiciliar de água.

Nesse sentido, está sendo desenvolvido desde o ano de 2018 um projeto de extensão do PROBEX/ UFPB intitulado *“Saneamento ecológico, como forma de melhoramento da qualidade de água subterrâneas e dos corpos hídricos em Santa Rita”*, em parceria com a secretaria de Agricultura do município de Santa Rita, no intuito de substituir as fossas presentes na área direta de captação de água por Tanques de Evapotranspiração. Sendo essa uma forma de incentivar a adoção dessas fossas ecologicamente corretas além de ser uma tentativa de proporcionar soluções. Esse é um importante retorno desta pesquisa.

Dessa forma, a preservação e o acesso à água, recurso vital ao desenvolvimento humano, ambiental, econômico e social poderá dar-se em bases mais sustentáveis e resguardadas para as próximas gerações.

REFERÊNCIAS

ABNT, NBR 12212: **Projeto de poço tubular para captação de água subterrânea - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2017.

ABNT, NBR 12244: **Poço tubular - Construção de poço tubular para captação de água subterrânea**. Rio de Janeiro: ABNT-Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2006.

ABONIZIO, R.M. **Saneamento básico no meio rural: um estudo em assentamento rural do interior do Paraná**. Trabalho de conclusão de curso. Curso de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 61p. 2017.

AGUDO, P. A. Crisis Global del Agua: valores y derechos em juego. **Cuadernos nº 168**. Barcelona: Centre d'estudis Cristianisme i Justícia, 2010. Disponível online: <https://www.cristianismeijusticia.net/es/crisis-global-del-agua-valores-y-derechos-en-juego>. Acesso: 25 out. 2017.

ALIER, Juan Martinez. Economia ecológica: levando em consideração a natureza. In: ALIER, J. M. **O ecologismo dos pobres: conflitos ambientais e linguagens de valoração**. São Paulo: Editora Contexto, p. 41-88, 2007.

ALSÉN, K. W.; JENSEN, P. (Eds.) **Ecological Sanitation: for Mankind and Nature**. Aas: Norwegian University of Life Sciences, 2004.

AMARAL, L. A. D. et al. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, 510-514. 2003 Disponível em: <https://www.scielo.org/article/rsp/2003.v37n4/510-514/pt/>. Acesso em: 30 julh. 2018.

AMSTALDEN, LUIZ FERNANDO F. Desenvolvimento sustentável e pós modernidade. **Desenvolvimento Sustentável: Teorias, Debates, Aplicabilidades**. Campinas, SP, 1996.

BARBOSA, L. K. L. **Zoneamento de aquíferos através da delimitação de perímetros de proteção de poços de abastecimento público de água: o caso da cidade de João Pessoa - PB**. 2008. 100 f. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008. Disponível em: <http://tede.biblioteca.ufpb.br:8080/handle/tede/5488>, acesso em: 20 out. 2017

BRAGA, Benedito. **Introdução à engenharia ambiental**. 2ª edição. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

BRASIL, Lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm Acesso em: 07 dez. 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Inspeção sanitária em abastecimento de água** – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 84 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos). ISBN 85-334-1244-4

BRASIL, Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para**

consumo humano / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 284 p.

BRASIL, **Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de orientação para cadastramento das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2007. 40 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos).

BRASIL, Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. **Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências.** Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm. Acesso em: 07 fev. 2018.

BRASIL, MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Recursos Hídricos/ Programa Nacional de Águas Subterrâneas**. Brasília - DF 2009, 52 p.

BRASIL, IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do censo 2010**. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/default.shtm>. Acesso em: 27 fev. 2017

BRASIL, Ministério da Saúde. **Plano de segurança da água: garantindo a qualidade e promovendo a saúde: um olhar do SUS** – Brasília: Ministério da Saúde, 2012

BRASIL, Ministério da Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**– Brasília : Funasa, 2014. Disponível em: http://www.funasa.gov.br/site/wpcontent/files_mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_em_etas.pdf. Acesso em: 23 julh.2018.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) – CIDADES. **Município de Santa Rita /PB**. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/painel/historico.php?lang=&codmun=251370&search=paraiba|santa-rita|infograficos:-historico>. Acesso em: 12 de jan. de 2017.

BRASIL, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **PNAD - Pesquisa nacional por amostra de domicílios (2015): Síntese de indicadores sociais – SIS**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/sociais/populacao/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html?&t=downloads>. Acesso em: 08 dez. 2017.

BRASIL, Ministério da Saúde. Portaria de Consolidação Nº 5, DE 28 DE SETEMBRO DE 2017 - **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde- anexo XX**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2017/prc0005_03_10_2017.html. Acesso em: 18 junh. 2108.

BELTRÃO, Breno Augusto et al. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado de Paraíba: diagnóstico do município de Santa Rita**. CPRM, 2005.

BRONDIZIO, E. S. et al.(2016). Re-conceptualizing the Anthropocene: A call for collaboration. **Global Environmental Change**, 39, 318-327.

BRUNDTLAND, G. H. (Org.) **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: FGV, 1987.

CAPRA, F. **The Hidden Connections: Integrating the Biological Cognitive and Social Dimensions of Life into a Science of Sustainability.** Harper Collins, New York, 2002

CARR, G. M.; NEARY, J. P. **Water quality for ecosystem and human health.** UNEP/Earthprint, 2008. Disponível em: www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf. Acesso em: 02 de dez. de 2017.

CASTRO, J. S. O. et al. Potabilidade das águas subterrâneas para o consumo humano na área do pólo industrial de Barcarena-Pará. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - v.10, n.19; p. 2921-2934. 2014

CAVALCANTE, I.N. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada de recursos hídricos na Região Metropolitana de Fortaleza, Estado do Ceará.** Tese de doutorado, Pós-graduação em Geociências - USP. 153p. , 1998

CELLIGOI, A. Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas. **Geografia**, V. 8, n. 1, p. 91-97, 1999

CORCÓVIA, J. A.; CELLIGOI, A. Avaliação preliminar da qualidade da água subterrânea no município de Ibiaporã-PR. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 14, n. 2, p. 39-48, 2012.

COSTA, Cecília Leite et al. Avaliação da qualidade das águas subterrâneas em poços do estado do Ceará, Brasil. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 33, n. 2, p. 171-180, 2012.

COSTA FILHO, W. D. et al. **Noções básicas sobre poços tubulares:** cartilha informativa. CPRM, 1998.

CLESCERI, S.L., GREENBERG, A.E. & EATON, A.D. 2005. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA).** 21 ed. Washington: American Public Health Association.

DE SOUZA LEÃO, Renata; DA PAZ, Mariana Gutierrez Arteiro; CIBIM, Juliana Cassano. A outra face da crise: a importância do setor do saneamento no contexto da escassez hídrica. **Revista Acesso Livre**, v. 5, n. 5, p. 88-105, 2016.

DEMETRIO, J. G. A. FILHO, J. M. Projeto e construção de poços. In: Fernando A.C. Feitosa et al. (org. e coord.) **Hidreologia:** conceitos e aplicações. 3. ed.rev.e ampl. –Rio de Janeiro: CPRM: LABHID, 2008. 812p.

DIEGUES, Antonio Carlos S. Desenvolvimento sustentável ou sociedades sustentáveis: da crítica dos modelos aos novos paradigmas. **São Paulo em perspectiva**, v. 6, n. 1-2, p. 22-29, 1992.

DISTRITO FEDERAL, Lei Nº 22.358 de 31 de agosto de 2001(DODF DE 03.09.2001 REPUBLICADO NO DODF DE 05.09.2001). **Dispõe sobre a outorga de direito de uso de água subterrânea no território do Distrito Federal de que trata o inciso II, do artigo 12, da Lei n.º 2.725 de 13 de junho de 2001, e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.sema.df.gov.br/wp-content/uploads/2017/09/Decreto-Distrital-n%C2%BA-22.358-de-2001.pdf>. Acesso em: 12 mar.2019.

DOWBOR, Ladislau. Economia da água in: DOWBOR, Ladislau; TAGNIN, Renato Arnaldo (organizadores). **Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora SENAC, 2005. ISBN 85-7359-441-1

ECKHARDT, et al. Mapeamento e avaliação da potabilidade subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil. **Ambiente & Água –An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2008.

FAO. **WaterScarcity**. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/topics_scarcity.html>. Acessado em: 02 de dezembro de 2017.

FERREIRA, A.N.P. et al. **Águas Subterrâneas: um recurso a ser conhecido e protegido**. Ministério do Meio Ambiente, Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, Petrobras, Brasília, DF, 2007.

FERREIRA, A.N.P. et al. Contaminação das águas subterrâneas in: Fernando A.C. Feitosa; João Manoel Filho (coord.) **Hidrologia: conceitos e aplicações**. 2.ed. – Fortaleza: CPRM: LABHID - UFPE, 2000. 391p.

FREITAS, F. G. de; BOSCO, A. L. M. **Estudo Mulheres & Saneamento**. Produzido através da parceria entre o Instituto Trata Brasil e BRK Ambiental, com condução da Ex Ante consultoria econômica, 2018. Disponível em: http://tratabrasil.org.br/images/estudos/itb/pesquisa-mulher/brk-ambiental-presents_women-and-sanitation_PT.pdf. Acesso em: 24 de março de 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. ISBN 85-224-3169-8

GOLDENSTEIN, S.; SALVADOR, Z. Sustentabilidade da gestão da água e desenvolvimento sustentável.in: DOWBOR, L.; TAGNIN, R. A.(org.)**Administrando a água como se fosse importante: gestão ambiental e sustentabilidade**. São Paulo: Editora SENAC, 2005. ISBN 85-7359-441-1

GOMES, M.C.R., CAVALCANTE, I.N., SILVA, M.P. Análise qualitativa das águas subterrâneas de Fortaleza, Ceará. **Estudos Geológicos** vol. 26(2):62-76. 2016

HELLER, L.; PÁDUA V.L de (org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. 2ª ed.rev. e atual – Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010

HOWARD, G.; BARTRAM, J. **Domestic water quantity, service and health**. Geneva: World Health Organization, 2003.

JACOBI, P. R.; GRANDISOLI, E. **Água e sustentabilidade: desafios, perspectivas e soluções**. São Paulo: IEE-USP e Reconnecta, 2017.

KONCAGÜL, E. et al. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2017**. Programa Mundial das Nações Unidas para Avaliação do Recurso Hídricos Gabinete do Programa de Avaliação Global da Água. Divisão de Ciências Hídricas. 2017.

LIMA, E. R. V. **Expansão canavieira e transformações no espaço agrário do município de Santa Rita: O caso do núcleo de urbanização rural de Lerolândia**. UFPB, 1984. (Monografia de graduação do curso de bacharelado em geografia).

LIMA, G. F. da C. Do desenvolvimento sustentável à economia verde operam-se avanços ou retrocessos? In: OLIVEIRA, M. M. D. de et.al. Cidadania, meio ambiente e sustentabilidade [recurso eletrônico]. Caxias do Sul, RS: Educus, 2017.

LORDELO, L. M. K.; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. **Águas Subterrâneas**, v. 32, n. 1, p. 97-105, 2018.

MANOEL FILHO, J. . Ocorrência das águas subterrâneas in: Fernando A.C. Feitosa *et al* (org. e coord.) **Hidreologia: conceitos e aplicações**. 3.ed. rev. e ampl. – Rio de Janeiro: CPRM: LABHID , 2008. 812p.

MARINHO , R. S. de A.; OLIVEIRA, F. M. F. de; CRISPIM, M. C. Influência de tanque de evapotranspiração na qualidade de água do lençol freático. **Anais do 11º simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva**, João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2018.

MARTIS, R. Paula et al. **Desenvolvimento Rural: 3 Caderno Técnico Qualificação**. Federação Goiana de Municípios – FGM em parceria com Federação Nacional de Municípios – FNM, 2017.

MATIAS, Josias. **Nova Expansão Canavieira, Mudanças Espaciais e Produtivas: o caso do município de Santa Rita – PB**. João Pessoa, 2010. Tese de Mestrado na área de Território, Trabalho e Ambiente do Curso de Pós – Graduação em Geografia do Centro de Ciências Exatas e da Natureza - CCEN da Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Disponível em: http://www.geociencias.ufpb.br/posgrad/dissertacoes/josias_matias.pdf . Acesso em: 03/03/2017.

MARTLAND, C.D. **Avaliação de projetos: por uma infraestrutura sustentável**. Tradução: Luiz Claudio de Queiroz Faria. Rio de Janeiro: LTC, 2014. Título original: *Toward more sustainable infrastructure: Project evaluation for planners and engineers*, first edition. ISBN: 978-0-470-44876-2

MAYERS, James. **Water Ecosystem Services and Poverty Under Climate Change: Key Issues and Research Priorities: Report of a Scoping Exercise to Help Develop a Research Programme for the UK Department for International Development**. IIED, 2009.

MEKONNEN, Mesfin M.; HOEKSTRA, Arjen Y. Four billion people facing severe water scarcity. **Science advances**, v. 2, n. 2, p. e1500323, 2016.

MENEZES, João Paulo Cunha de et al. Correlation between land use and groundwater quality. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 173-186, 2014.

NARCISO, M.G. ; GOMES, L.P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia – GO. **Sanare**. v.21, n.21, p. 4-18, 2004.

NAVARRO, Z. (2001) “Desenvolvimento rural no Brasil: os limites do passado e os caminhos do futuro”, **Revista Estudos Avançados**, 16 (44): 83-100

ODUM, E. P. ; BARRETT, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. Tradução da 5 edição norte-americana. São Paulo: Thomson Learning ,2007

OLEAGA, A. ; PACHECO , F. ; FELLER, M. **Determinação de Perímetros de Proteção de Poços e Vulnerabilidade e Risco de Contaminação de Aquíferos**. Consórcio Guarani: Tahal Consulting Engineers Ltd., Seinco S. R. L., Hidroestructuras S. A., Hidrocontrol S. A., Hidroambiente S. A., 2009.

PÁDUA, J. A. **Vivendo no antropoceno: incertezas, riscos e oportunidades**. In: Oliveira, L. A. Museu do amanhã. Rio de Janeiro: Edições de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/livro/10-vivendo-no-antropoceno.html>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

PÁDUA, J. A. **O papel do Brasil no Antropoceno 3.0**. (Entrevista) Página 22, FGV, p. 8-13, out/nov, 2016.

PAES, W. M. **Técnicas de permacultura como tecnologias socioambientais para a melhoria na qualidade da vida em comunidades da Paraíba**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, UFPB. 173 p. 2014

PARRON, L. M.; LIMA, J.; FRANCISCON, L. Atributos de qualidade da água subterrânea como indicadores de mudanças no uso do solo. In: **Embrapa Florestas-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 18, 2010, Teresina. Novos caminhos para a agricultura conservacionista no Brasil. Teresina: Embrapa Meio-Norte: Universidade Federal do Piauí, 2010.

PINHEIRO, F. **Apostila de saneamento básico**. 2008. Disponível em: <<http://sobretudogeral.files.wordpress.com/2010/10/apostila-saneamento1.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2018.

PORTO, Marcelo Firpo; MILANEZ, Bruno. Eixos de desenvolvimento econômico e geração de conflitos socioambientais no Brasil: desafios para a sustentabilidade e a justiça ambiental. **Ciência & Saúde Coletiva**, 14(6):1983-1994. 2009.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO (PNUD). **Índice de Desenvolvimento Humano**. Brasília: PNUD, 2006. [Relatório]. Disponível em: <www.pnud.org.br>. Acesso em: 09/05/ 2017.

QUEIROZ, T. M. D.; OLIVEIRA, L. C. P. D. (2018). Qualidade da água em comunidades quilombolas do Vão Grande, município de Barra do Bugres (MT). **Eng. sanit. ambient**, 23(1), 173-180. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/esa/v23n1/1809-4457-esa-23-01-173.pdf>

RAZZOLINI, Maria Tereza Pepe et al. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

REA, L. M.; PARKER, R. A. Desenvolvendo perguntas para pesquisas. In: **Metodologia de pesquisa**: do planejamento à execução. 1ª ed. São Paulo: Pioneira, p. 57-75, 2000.

REBOUÇAS, Aldo da C. Água e desenvolvimento rural. **Estudos Avançados**, v. 15, n. 43, p. 327-344, 2001.

REBOUÇAS, A. da C. Importância da água subterrânea. in: FEITOSA, Fernando A.C. (*et al*) organização e coordenação. **Hidrologia**: conceitos e aplicações– 3.ed.rev.e ampl. –Rio de Janeiro: CPRM:LABHID, 2008. 812p.

REYMÃO, A. E. ; SABER, B. A.. Acesso à água tratada e insuficiência de renda. Duas dimensões do problema da pobreza no Nordeste brasileiro sob a óptica dos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. **Revibec: revista de La RedIberoamericana de Economía Ecológica**, v. 12, p. 001-15, 2009.

ROCHA, C. M. B. M. da et al. Avaliação da qualidade da água e percepção higiênico-sanitária na área rural de Lavras, Minas Gerais, Brasil, 1999-2000. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 1967-1978, 2006.

RODRIGUES, M. L. et al. A percepção ambiental como instrumento de apoio na gestão e na formulação de políticas públicas ambientais. **Revista Saúde Soc. São Paulo**, v.21, supl.3, p.96-110, 2012

SANTA RITA, SEPLAN - Secretaria de Planejamento. **Plano Diretor Participativo Santa Rita - PB**, 2006.

SANTA RITA, SEPLAN. Secretaria de Planejamento de Santa Rita / PB, 2015.

SANTA RITA, PSB – **Plano de Saneamento Básico**, 2018. Disponível em: <http://diario.santarita.pb.gov.br/wp-content/uploads/2018/07/PLANO-DE-SANEAMENTO-B%3%81SICO-SANTA-RITA-PB.pdf>. Acesso em: 01 junh. 2018.

SAO PAULO, DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE(2007) **Manual de operação e manutenção de poços**. 3º edição, ROCHA, Gerônimo Albuquerque & JORBA, Antônio Ferrer. São Paulo.

SANTOS, Rodrigo A.; CRUZ, Manoel J.M.; NASCIMENTO, Sérgio A. Avaliação da vulnerabilidade natural de aquíferos cársticos: subsídios para uma gestão dos recursos hídricos subterrâneos. **Cadernos de Geociências**, v. 7, n. 1, p. 54-72, 2010

SCHNEIDER, Sergio. Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate. **Revista de economia política**, v. 30, n. 3, p. 511-531, 2010.

SHIVA, V. **The Principles of Water Democracy. Water Wars: Privatization, Pollution, and Profit**. Cambridge, Mass., South End Press, 2002

SHIVA, V. Soil not oil. **Alternatives Journal**, Vol. 35, pp. 19–21, 2009.

SILVA, D. D. et al. Lack of sanitation and groundwater in shallow aquifer: region of the neighborhood PedraNoventa, Cuiaba (MT). **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 43-52, 2014.

SPIRO, T. G.; STIGLIANI, W. M. **Química ambiental**. Pearson Prentice-Hall, 2009.

STEFFEN, Will et al., The Anthropocene: conceptual and historical perspectives. **Philosophical Transactions of The Royal Society**, 369: 842-867, 2011.

TOWNSEND, Colin R.; BEGON, Michael; HARPER, John L. **Fundamentosem ecologia**. Artmed Editora, 2009.

TUNDISI, José Galizia. Water resources in the future: problems and solutions. **Estudos avançados**, v. 22, n. 63, p. 7-16, 2008.

TUNDISI, José Galizia; MATSUMURA-TUNDISI, Takako. **Recursos hídricos no século XXI**. Oficina de Textos, 2011.

TROTTIER, J. Water crises: political construction or physical reality. **Contemporary Politics**, v. 14, n. 2, p. 197-214, 2008.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de água**. 3ª edição – São Paulo – Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. 643p.

UNEP - United Nations Environment Programme , 2009. **From Conflict to Peacebuilding – the Role of Natural Resources and the Environment**. Nairobi, UNEP.

VASCONCELOS, Mickaelon Belchior. Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura. **Águas Subterrâneas**, 2015.

VARGAS, Marcelo Coutinho et al. (2002). Água e cidadania: percepção social dos problemas de quantidade, qualidade e custo dos recursos hídricos em duas bacias hidrográficas do interior paulista. **Retirado em**, 1(10), 2005.

VESILIND, P. Aarne; MORGAN, Susan M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, v. 2, 2011.

VIOLA, Eduardo; FRANCHINI, Matias; RIBEIRO, Thais Lemos. **Sistema internacional de hegemonia conservadora: governança global e democracia na era da crise climática**. Annablume, 2013.

VIOLA, Eduardo; BASSO, Larissa. O sistema internacional no antropoceno. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 31, n. 92, p. 1-18, 2016.

VON SPERLING, M. **Estudos de modelagem da qualidade da água de rios**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Vol. 7. 452 p.

WORLD ECONOMIC FORUM. Global Risks 2014 WORLD ECONOMIC FORUM. **Global Risks 2014 Ninth Edition**. Geneva, 2014. ISBN-13: 92-95044-60-6. Disponível em: www.weforum.org/risks. Acesso em: 12 mar. 2018.

WHO/UNICEF JOINT WATER SUPPLY et al. **Water for life: Making it happen**. World health organization, 2005.

WWAP 2009. **World Water Development Report 3: Water in a Changing World**. Paris/London, UNESCO/Earthscan. www.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2015. **The United Nations World Water Development Report 2015: Water for a Sustainable World**. Paris, UNESCO.

WWAP (United Nations World Water Assessment Programme). 2017. **The United Nations World Water Development Report 2017: Wastewater, The Untapped Resource**. Paris, UNESCO.

APÊNDICE

Apêndice A - Informações dos pontos de coleta de água

LOCALIZAÇÃO				RESERVATÓRIO		ESTRUTURA DO POÇO	CONJUNTO DE BOMBEAMENTO		
LOCALIDADE		COORDENADAS GEOGRÁFICAS LATITUDE/LONGITUDE		TIPO/MATERIAL	CAPACIDADE	PROFUNDIDADE	VAZÃO DA BOMBA	POTENCIA	FONTE DE ENERGIA
P1	Utinga	7° 2'34.23"S	34°56'11.40"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	60 m	7,0 m³/h	2 cv	monofásica
P2	Tororó	7° 4'41.90"S	34°57'24.34"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	20 m	6,0 m³/h	1 cv	monofásica
P3	Bebelândia I	7° 4'44.29"S	34°57'35.07"O	Elevado, em Alvenaria	50.000 litros	50 m	8,0 m³/h	4,5 cv	trifásica
P4	Bebelândia II	7° 4'40.39"S	34°57'48.34"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	16 m	5,5 m³/h	1,5 cv	monofásica
P5	Forte Velho	6°59'14.65"S	34°52'30.19"O	Elevado, em Alvenaria	100.000 litros	120 m	13,0 m³/h	3 cv	trifásica
P6	Ribeira	7° 1'48.90"S	34°52'19.69"O	Elevado, em Alvenaria	dsc*	60 m	22,0 m³/h	7,5 cv	trifásica
P7	Livramento I	7° 2'57.92"S	34°53'55.85"O	Elevado, em Alvenaria	120.000 litros	111 m	13,0 m³/h	4,5 cv	trifásica
P8	Livramento II	7° 3'1.63"S	34°54'6.89"O	Apoiado, em Alvenaria	20.000 litros	40 m	7,0 m³/h	2 cv	trifásica
P9	Livramento III	7° 2'42.68"S	34°54'14.65"O	Apoiado, em Alvenaria	200.000 litros	80 m	20,0 m³/h	7,5 cv	trifásica
P10	Livramento IV	7° 2'47.67"S	34°54'19.56"O	Apoiado, em Alvenaria	200.000 litros	90 m	10,0 m³/h	4,5 cv	trifásica
P11	Lerolândia I	6°58'40.45"S	34°59'0.61"O	Elevado, em Alvenaria	200.000 litros	90 m	22,0 m³/h	5,5 cv	trifásica
P12	Lerolândia II	6°58'35.02"S	34°59'7.00"O	Elevado, em Polietileno	20.000 litros	90 m	10,0 m³/h	55 cv	trifásica
P13	Lerolândia III	6°58'30.57"S	34°58'49.49"O	Elevado, em Alvenaria	120.000 litros	64 m	8,0 m³/h	7,0 cv	trifásica
P14	Lerolândia IV	6°58'23.50"S	34°58'36.21"O	Elevado, em Alvenaria	10.00 litros	42 m	0,8 m³/h	dsc* (Bomba sapo)	monofásica
P15	Fazenda Planalto	7° 3'56.69"S	34°59'2.83"O	Elevado, em Alvenaria	10.00 litros	36 m	5,0 m³/h	1 cv	monofásica
P16	Pitombeira I	7° 4'24.58"S	34°58'56.07"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	36 m	3,0 m³/h	1 cv	trifásica

* dsc: desconhecido

Continuação: Apêndice A - Informações dos pontos de coleta de água

LOCALIZAÇÃO				RESERVATÓRIO		ESTRUTURA DO POÇO	CONJUNTO DE BOMBEAMENTO		
LOCALIDADE		COORDENADAS GEOGRÁFICAS LATITUDE/LONGITUDE		TIPO/MATERIAL	CAPACIDADE	PROFUNDIDADE	VAZÃO DA BOMBA	POTENCIA	FONTE DE ENERGIA
P17	Pitombeira II	7° 4'25.53"S	34°58'56.34"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	36 m	3,0 m³/h	1 cv	monofásica
P18	Pitombeira III	7° 4'29.47"S	34°58'47.14"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	37 m	8,0 m³/h	0,75cv	trifásica
P19	Piripiri	7° 4'41.36"S	34°58'14.12"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	25 m	1,5 m³/h	1 cv	trifásica
P20	Agroval I	7° 5'6.01"S	34°58'55.21"O	Elevado, em Polietileno	3.000 litros	36 m	1,5 m³/h	0,75 cv	monofásica
P21	Agroval II	7° 5'5.19"S	34°58'54.55"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	37 m	1,5 m³/h	1,5cv	monofásica
P22	Agroval III	7° 5'2.71"S	34°58'58.52"O	Elevado, em Polietileno	3.000 litros	36 m	3,0 m³/h	1,5cv	trifásica
P23	Usina São João	7° 7'39.23"S	35° 2'23.72"O	Elevado, em Alvenaria	5.000 litros	30 m	6,0 m³/h	1 cv	trifásica
P24	Odilândia I	7°14'13.92"S	35° 1'18.76"O	Elevado, em alvenaria	120.000 litros	80 m	8,0 m³/h	3 cv	trifásica
P25	Odilândia II	7°14'26.44"S	35° 1'22.91"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	70 m	6,0 m³/h	3 cv	trifásica
P26	Odilândia III	7°14'32.37"S	35° 1'28.07"O	Apoiado, em Polietileno	5.000 litros	70 m	7,0 m³/h	4,5 cv	trifásica
P27	Cicerolândia I	7°15'16.55"S	34°59'2.32"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	30 m	0,8 m³/h	dsc* (Bomba sapo)	monofásica
P28	Cicerolândia II	7°15'5.16"S	34°59'3.08"O	Elevado, em Polietileno	5.000 litros	dsc*	dsc*	dsc*	dsc*
P29	Cicerolândia III	7°15'4.45"S	34°59'2.23"O	Elevado, em Polietileno	10.00 litros	40 m	5,0	1,5 cv	trifásica
P30	Águas Turvas	7°15'8.21"S	34°56'48.05"O	Elevado, em Alvenaria	5.000 litros	cacimba	0,8 m³/h	dsc* (Bomba sapo)	monofásica

* dsc: desconhecido

Apêndice B. Problemas detectados no Sistema de Abastecimento da zona rural de Santa Rita (PB)

PONTO	INFORMAÇÕES HISTÓRICAS E GEOGRÁFICAS			DIMENSIONAMENTO FÍSICO, HIDRÁULICO		PROTEÇÃO SANITÁRIA		
	Projeto de poço, perfilgeológico e dados de perfuração do poço	Ensaio de bombeamento, análises físicas, químicas e bacteriológicas da água	Croquis de localização e layout dos componentes do sistema	Informações sobre bombas, reservatórios e população atendida pelos poços	Informações sobre conexões e comprimento/diâmetro das tubulações	Tamponamento nos poços, reservatório sem impermeabilização	Existência de fossas no entorno da área de captação direta (raio de 30 m) dos poços	Inexistência de licenciamento ambiental e outorga da água utilizada
P1	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P2	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P3	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P4	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P5	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P6	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P7	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P8	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P9	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P10	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P11	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P12	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Sim
P13	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P14	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P15	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não

Continuação: Apêndice B. Problemas detectados no Sistema de Abastecimento da zona rural de Santa Rita (PB)

PONTO	INFORMAÇÕES HISTÓRICAS E GEOGRÁFICAS			DIMENSIONAMENTO FÍSICO, HIDRÁULICO		PROTEÇÃO SANITÁRIA		
	Projeto de poço, perfil geológico e dados de perfuração do poço	Ensaios de bombeamento e análises físicas, químicas e bacteriológicas da água	Croquis de localização e layout dos componentes do sistema.	Informações sobre bombas, reservatórios e população atendida pelos poços	Informações sobre conexões e comprimento/ diâmetro das tubulações	Tamponamento nos poços, reservatório sem impermeabilização	Existência de fossas no entorno da área de captação direta (raio de 15 m) dos poços.	Inexistência de licenciamento ambiental e outorga da água utilizada
P16	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P17	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P18	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P19	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P20	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P21	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P22	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P23	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P24	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P25	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P26	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Sim	Não
P27	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P28	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P29	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não
P30	Não	Não	Não	Parcialmente	Não	Não	Não	Não

ANEXOS

FORMULÁRIO PARA LEVANTAMENTO DE POÇOS					Nº da ficha:	
1- IDENTIFICAÇÃO DOS POÇOS						
Qual a fonte das informações? [] coleta [] Levantamento junto a terceiros. Quem/qual?					Código do poço:	
Cota Topográfica do terreno:		Coordenadas				
Localidade:	Aquifero:	Utm S:	Utm W:	Latitude:	Longitude:	
Propriedade do terreno: [] público [] particular [] posse [] autorização		Outorga do uso da água: [] sim [] não		Projeto de construção: [] existe [] não existe		
Tipo de poço: [] Tubular [] amazonas [] ponteira [] outro:						
Estado de uso do poço: [] em uso [] abandonado [] em manutenção [] outro:						
Estado de conservação do poço: [] Bom [] Precário		Vazão(m³/h):		Tempo de existência do poço (anos):		Tempo de uso do poço/dia:
Revestimento: [] PVC [] Alvenaria [] Outro:						
Tratamento: [] Sim [] Não [] cloro [] outro. Qual:						
Profundidade (metros):		Diâmetro do poço: [] < 10cm [] > 10cm [] = 10cm				
Finalidade do uso da água? [] Combate a incêndio [] Consumo humano [] Dessedentação de animais	Possui acesso a amostragem? [] Sim [] Não Se sim, como se dá o acesso?	Atividade Principal				
		[] Residencial		[] casa [] condomínio [] outros		

<input type="checkbox"/> Irrigação de culturas e paisagens <input type="checkbox"/> Lavagem de veículos <input type="checkbox"/> Recreação, paisagismo e urbanismo <input type="checkbox"/> Outro:	<input type="checkbox"/> Possui torneira na boca do poço <input type="checkbox"/> No reservatório <input type="checkbox"/> Após o reservatório <input type="checkbox"/> Outro:	<input type="checkbox"/> Comercial	<input type="checkbox"/> combustível <input type="checkbox"/> outros
Características organolépticas observadas: Presença de coloração, cheiro ou sabor na água <input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/> outros
Observações gerais do entorno:			

1. PERFIL DO ENTREVISTADO

Local: _____ Data: _____

1.1 Sexo: ☐ M ☐ F

1.2 Escolaridade:

1.3 Profissão:

1.4 Idade:

1.5 Renda Domiciliar total:

1.6 Participante de programa social:

2. PERFIL SANITÁRIO DO DOMICILIO

2.1 Quantas pessoas vivem na sua residência?

2.2 Qual destino do lixo da sua residência?

☐ Coletado ☐ Queimado ☐ Enterrado ☐ Outro: _____

2.3 Sua residência possui sistema individual de tratamento/disposição final dos esgotos sanitários?

☐ Sim ☐ Não

2.4 De onde vem a água para consumo humano utilizada em sua residência?

☐ Poço comunitário ☐ Poço particular ☐ Água mineral () CAGEPA

☐ Outro: _____

3. ACESSO A ÁGUA

3.3 Ocorrem interrupções no abastecimento de água em sua comunidade?

☐ Não ☐ Sim. Quantas vezes/tempo? _____

3.4 A água que você utiliza é armazenada em sua residência? De que forma?

☐ Não ☐ Sim. Forma: _____

3.6 A quantidade de água utilizada suficiente para as suas necessidades diárias?

☐ Sim ☐ Não

3.7 Qual o seu grau de satisfação quanto ao acesso ao de abastecimento de água em sua residência?

☐ Totalmente satisfeito ☐ Pouco satisfeito ☐ Insatisfeito

4. RISCO DE CONTAMINAÇÃO

4.1 A água que você utiliza em sua residência possui alguma destas características? (Marque mais de uma opção se julgar necessário)

☐ Cheiro ☐ Cor ☐ Gosto ☐ Nenhuma dessas características

4.2 Você utiliza algum tipo de tratamento da água utilizada?

☐ Filtração ☐ Fervura () Cloro ☐ nenhum ☐ outro

4.3 Existe algum risco de contaminação ou poluição da água utilizada em sua comunidade?

☐ Sim ☐ Não